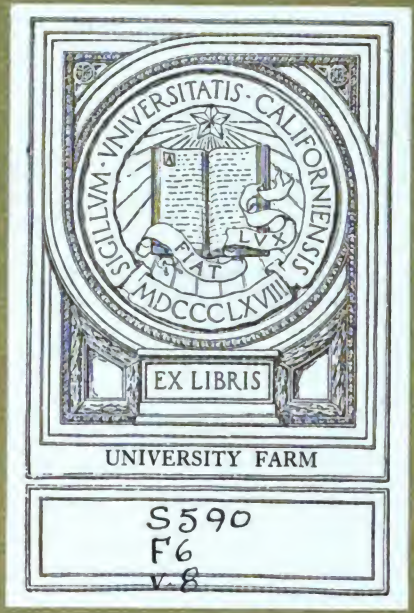
Forschungen auf dem gebiete der agricultur-ph...


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LV
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
UNIVERSITY FARM
S590
F6
V.8

Digitized by Google

Digitized by Google

FORSCHUNGEN

AUF DEM GEBIETE DER

AGRIKULTUR-PHYSIK.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

NEUNTER BAND.

MIT ORIGINAL-BEITRÄGEN VON

J. BREITENLOHNER, E. EBERMAYER, C. FERRARI, R. HEINRICH, C. KRAUS, J. S. SIKORSKI, P. SORAUER, F. C. TSCHAPLOWITZ, E. WOLLNY.

MIT 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1886.

Digitized by Google

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniß.

Seite.

I. Physik des Bodens:

Ueber Prüfung der Bodenarten auf Wasserkapacität und Durchlüftbarkeit. Von R. Heinrich 259

Untersuchungen über die Wasserkapacität der Bodenarten. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny 361

Untersuchungen über die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse des Bodens bei verschiedener Neigung des Terrains gegen den Horizont. Von E. Wollny 1

I. Die Bodenfeuchtigkeit bei verschiedener Neigung des Terrains . 3

II. Die Bodentemperatur bei verschiedener Neigung des Terrains . 10

Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure. Von E. Wollny . . 165

*Die Mikroben des Bodens. Von E. Laurent 379

*Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackererde. Von L. Adametz 381

*Beiträge zur Kenntniß des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Von P. Liborius 380

*Neue Untersuchungen über das Ammoniakferment. Von A. Ladureau . 288

*Direkte Bindung des atmosphärischen Stickstoffs durch thonige Böden. Von M. P. E. Berthelot 70

*Stickstoffbestimmungen in den Böden einiger Versuchsfelder in Rothamsted. Von J. B. Lawes und J. H. Gilbert 195

*Der Stickstoff in Form von Salpetersäure in dem Ober- und Untergrund einiger Felder in Rothamsted. Von J. B. Lawes und J. H. Gilbert 197

Anmerkung: Die unter der Rubrik „Neue Litteratur“ mitgetheilten Referate sind in obigem Inhaltsverzeichniß zur Unterscheidung von den Originalabhandlungen am Anfang des Titels mit einem * versehen. D. H.

6344

Digitized by Google

Seite.
*Fixirung des Stickstoffs im kultivirten Boden. Von H. Joulie 200
*Ueber die Bereicherung eines Grasbodens an Stickstoff. Von P. P. Dehérain 202
*Ueber einige Veränderungen, welchen die stickstoffhaltigen Substanzen im Boden unterliegen. Von R. Warington 203
*Ueber die Bestimmung des im Boden enthaltenen Ammoniakstickstoffs und über die Menge des assimilirbaren Stickstoffs im unbearbeiteten Boden. Von A. Baumann 283
*Ueber die Oxydation des Ammoniaks im Wasser und Boden. Von J. Uffelmann 381
*Ueber den Einfluß des Gipses auf die Salpeterbildung. Von R. Warington 383
*Ueber die Zusammensetzung der Drainwässer der Pariser Rieselfelder. Von A. Lévy 384
*Versuche über Harngährung. Von A. Müller 385
*Ueber das Verhalten des Harnstoffs im Ackerboden. Von O. Kellner . 385
*Untersuchungen über die physikalischen und antiseptischen Eigenschaften verschiedener Torfarten. Von C. Reinl 280
*Ueber die Verwitterung diluvialer Sande. Von E. Ramann 73
*Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Diluvial- und Alluvial-Sanden. Von E. Ramann 75
*Die Dünen, ihre Befestigung und Bewaldung. Von S. von Rauner . . . 204
*Ueber den Einfluß der Reihenrichtung auf die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und die Entwickelung der Pflanzen. Von G. Marek 275
*Ueber den Einfluß der Bodenbeschaffenheit und der Kulturmethode auf die Ausbreitung der Kartoffelkrankheit. Von G. Marek 277
*Ueber das Jensen'sche Verfahren zur Besiegung der Kartoffelkrankheit. Von F. Nobbe 278
Neue Litteratur 77. 206. 289. 386

II. Physik der Pflanze:

Das Wachsthum der Lichttriebe der Kartoffelknollen unter dem Einfluß der Bewurzelung. Von C. Kraus 78
Ueber Gelbfleckigkeit. Von P. Sorauer 387

Digitized by Google

Seite.

Ueber die Beeinflussung der Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen gegen ungünstige Witterungsverhältnisse durch die Kulturmethode. Von E. Wollny 290
Untersuchungen über den Einfluß des specifischen Gewichtes des Saatgutes auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen. Von E. Wollny 207
*Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Von A. F. W. Schimper 101
*Ueber die Assimilationsprodukte der Laubblätter angiospermer Pflanzen. Von A. Meyer 100
*Ueber eine Methode zur Beobachtung der Assimilation und Athmung der Pflanzen und über einige diese Vorgänge beeinflussende Momente. Von U. Kreusler 114
*Zur physiologischen Bedeutung des Gerbstoffs in den Pflanzen. Von M. Westermaier 217
*Ueber die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensproceß der Pflanzen. Von O. Warburg. 221
*Die Auflösung der Stärke in den Blättern. Von L. Brasse. 219
*Beiträge zum Studium der Wanderung der Kohlehydrate in der Pflanze. Von L. Brasse 399
*Ueber das Assimilationssystem von G. Haberlandt 311
*Beiträge zur Kenntniß der Chlorophyllfunktion. Von A. Nagamatsz . 319
*Quantitative Bestimmung des Chlorophyllfarbstoffes in den Laubblättern. Von A. Hansen 109
*Photometrische Untersuchungen über die Absorption des Lichtes in den Assimilationsorganen. Von J. Reinke. 225
*Ueber die Bedingungen der Entwickelung und der Wirksamkeit des Chlorophylls. Von J. H. Gilbert 400
*Das Chlorophyll und die Reduktion der Kohlensäure durch die Gewächse. Von C. Timirjaseff 401
*Die Thätigkeit des Chlorophylls in ultraviolettem Dunkel. Von G. Bonnier und L. Mangin 402
*Ueber die Wirkung des durch eine Chininlösung gegangenen Lichtes auf die Blüthenbildung. Von J. Sachs 409
*Untersuchungen über die Athmung der Blätter in der Dunkelheit. Von P. P. Dehérain und L. Maquenne 218
*Ueber die Athmung der Pflanzen. Von G. Bonnier und L. Mangin . . 403

Digitized by Google

Seite.

*Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen. Von H. Müller-Thurgau 110

Ueber die angebliche Rolle der lebenden Gewebe bei dem Saftsteigen. Von J. Vesque 104

*Ueber den Einfluß höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes, den Transpirationsstrom zu leiten. Von C. A. Weber 105

*Zur Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Von G. Volkens 217

*Ueber die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen. Von G. Schröder . . . 220

*Ein Transpirationsversuch. Von L. Errera 224

*Untersuchungen über das Saftsteigen. Von S. Schwendener 308

*Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Von F. G. Kohl 397

*Ueber den Transpirationsstrom in abgeschnittenen Zweigen. Von F. Darwin und R. W. Phillips 407

*Ueber die Imbibition des Holzes. Von E. Godlewski 407

*Ueber frostharte Knospenvariationen. Von F. Noll 110

*Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Von H. Müller-Thurgau 304

*Ueber Zerstörung der Molekularstruktur des Protoplasmas der Pflanzenzellen. Von W. Detmer 318

*Ueber die Wärmemengen, welche von den Pflanzen abgegeben und aufgenommen werden. Von G. Bonnier 405

*Plasmolytische Studien über die Wand der Vakuolen. Von H. de Vries 107

*Kritische Besprechung von de Vries „Plasmolytische Studien über die Wand der Vakuolen". Von W. Pfeffer 225

*Ueber die Ursache des Mark- und Blattturgors. Von J. Böhm 224

*Ueber die normale Stellung zygomorpher Blüthen und ihre Orientirungsbewegungen zur Erreichung derselben. Von F. Noll 102

*Ueber die Ursachen der Zygomorphie der Blüthen. Von H. Vöchting. 104

*Einfluß der Beleuchtungsrichtung auf die Theilung der Equisetumsporen. Von E. Stahl 104

*Theorie des Windens. Von J. Wortmann 312

*Zur Wortmann'schen Theorie des Windens. Von S. Schwendener . . 314

*Einige Bemerkungen zu der von Schwendener gegen meine Theorie des Windens gerichteten Erwiderung. Von J. Wortmann 315

*Plasmavertheilung und Krümmungserscheinungen in den Pflanzen. Von F. G. Kohl 409

Digitized by Google

Seite.
*Ueber die Natur der rotirenden Nutation der Schlingpflanzen. Von J. Wortmann 411
*Beiträge zur Kenntniß des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen. Von A. Tschirch 106
*Das gleitende Wachsthum bei der Gewebebildung der Gefäßpflanzen. Von G. Krabbe 315
*Untersuchungen über die Wirkung mechanischer Kräfte auf die Theilung, Anordnung und Ausbildung der Zellen beim Aufbau des Stammes der Laub- u. Nadelhölzer. Von R. Hoffmann 318
*Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Von G. Klebs . . 110
Neue Litteratur 116. 227. 319. 412

III. Agrar-Meteorologie.

Untersuchungen über die Wirkung der klimatischen Faktoren auf das Wachsthum der Kulturpflanzen. Von F. C. Tschaplowitz 117
Untersuchungen über die durch die Hygroskopicität der Bodenarten bewirkte Wasserzufuhr. Von J. S. Sikorski 413
Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt der Waldluft. Von E. Ebermayer 229
Ueber den Schutz der Pflanzen gegen Hagel. Von C. Ferrari 244
Die Hochwasserkatastrophe in Bruneck in Tirol im September 1882. Von J. Breitenlohner 320
*Studien über die Weinlese in Frankreich. Von A. Angot 247
*Ueber den Einfluß der Wälder auf das Klima von Schweden. Von H. E. Hamberg 146
*Der Einfluß der Wälder auf das Klima. Von A. Woeikof 150
*Ueber den Einfluß des Waldes auf die klimatische Temperatur. Von J. Hann 338
*Ueber den Einfluß der Gebirgswaldungen im nördlichen Palästina auf die Vermehrung der wässrigen Niederschläge daselbst. Von L. Anderlind 339
*Der Einfluß der Gebirge auf das Klima von Mitteldeutschland. Von R. Assmann 340

Digitized by Google

Seite.

*Ueber den Einfluß der Schneedecke auf die Temperatur der Luft. Von R. Assmann 155

*Die Schneedecke, deren Einfluß auf Klima und Wetter und die Mittel zu ihrer Untersuchung. Von A. Woeikof 434

*Ueber den Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land. Von J. Hann 157

*Ueber die nächtliche Strahlung. Von J. Jamin 158

*Ueber Nebelbildung. Von R. von Helmholtz 159

*Ueber den Thau. Von J. Aitken 162

*Ueber die stickstoffhaltigen Substanzen im Regenwasser. Von M. P. E. Berthelot und André 342

*Untersuchungen über den Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Stickstoffverbindungen. Von O. Kellner 343

*Ueber die Stickstoffverbindungen, welche durch verschiedene Absorptionsflüssigkeiten der Atmosphäre entzogen werden. Von O. Kellner . . . 345

*Zur Frage nach dem Ursprung der atmosphärischen Elektricität. Von K. F. Jordan 435

*Ueber den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken. Von J. Elster und H. Geitel 438

*Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Gewitterwolken. Von H. Pellat 441

*Neuer Beweis für die Elektricitätsentwickelung beim Kondensiren von Wasserdämpfen. Von L. Palmieri 442

*Ueber den Ursprung der Gewitterelektricität. Von D. Colladon 443

*Ergebnisse einer Untersuchung der Blitzschläge in Schleswig-Holstein. Von L. Weber 354

*Die Blitzgefahr der sächsischen Schweiz. Von J. Freyberg 357

*Zur Blitzgefahr im Königreich Sachsen. Von J. Freyberg 357

*Ueber die Ursache der zunehmenden Zahl der Blitzschläge. Von P. Andries 357

*Luftfeuchtigkeit und Nachtfrost. Von W. Köppen 346

*Vorausbestimmung des nächtlichen Temperaturminimums. Von A. Kammermann 347

*Die Nachttemperatur und das feuchte Thermometer. Von J. Berthold . 349

*Zur Vorausbestimmung des nächtlichen Minimums. Von A. Troska . . 350

*Zur Voraussage des nächtlichen Minimums. Von A. F. W. Schultz . . 352

*Einfluß der Qualität und Aufstellung auf die Angaben der Regenmesser. Von H. Wild 445

Digitized by Google

Seite.
*Vergleichung von Regenmessern. Von C. Lang und J. Bauer 452
*Ueber die Zuverlässigkeit der Haarhygrometer. Von R. Bergmann . . 453
Neue Litteratur 164. 359. 453

Recensionen.

Gustav Wilhelm. **Atmosphäre, Klima, Boden.** Berlin. 1886. Paul Parey 164

Adolf Mayer. **Lehrbuch der Agrikulturchemie.** In zwei Theilen. Mit Holzschnitten und zwei lithographirten Tafeln. Dritte verbesserte Auflage. Heidelberg. 1886. Carl Winter's Universitätsbuchhandlung 453

Digitized by Google

Autoren-Verzeichniß.

Adametz, *L.* 381.
Aitken, *J.* 162.
Anderlind, *L.* 339.
André. 342. 386.
Andries, *P.* 357.
Angot, *L.* 247.
Assmann, *R.* 155. 340.

Baudoin, *A.* 453.
Bauer, *J.* 452.
Baumann, *A.* 283.
Bergmann, *R.* 453.
Berthelot, *M. P. E.* 70. 342. 386.
Berthold, *J.* 349.
Blomeyer, *A.* 386.
Böhm, *J.* 224.
Bonnier, *G.* 228. 402. 403. 405.
Brasse, *L.* 219. 399.
Braun. 289.
Breitenlohner, *J.* 320.
Bühler. 164, 359.

Colladon, *D.* 443.

Dafert, *F. W.* 77. 206.
Darwin, *F.* 407.
Dehérain, *P. P.* 202. 218.
Detmer, *W.* 318. 412.
Dufour, *J.* 228.

Ebermayer, *E.* 229.
Edlund, *E.* 453.
Elster, *J.* 438.
Emmerling, *A.* 228.
Errera, *L.* 224.

Ferrari, *C.* 164. 244.
Fischer, *H.* 206.
Fouqué, *F.* 289.
Freyberg, *J.* 357.
Früh, *J.* 206.

Geitel, *H.* 438.
Gilbert, *J. H.* 195. 197. 206. 228. 400.
Godlewski, *E.* 407.

Haberlandt, *G.* 311.
Hamberg, *H. E.* 146.
Hann, *J.* 157. 338.
Hansen, *A.* 109.
Hazen, *H. A.* 453.
Heiden, *E.* 77.
Heinrich, *R.* 77. 259.
Helmholtz, *R. von.* 159.
Hellmann, *G.* 164.
Hoffmann, *R.* 318.

Jamin, *J.* 158.
Jodin, *V.* 228.
Jordan, *K. F.* 435.
Joulie, *H.* 200.

Kammermann, *A.* 347.
Karsten, *G.* 227.
Keller, *R.* 227.
Kellner, *O.* 343. 345. 385.
Kjellman, *F. R.* 116.
Klebs, *G.* 110. 412.
Knop, *W.* 77.
Köppen, *W.* 164. 346.
Kohl, *F. G.* 397. 409.

Digitized by Google

Krabbe, G. 315.
Kraus, C. 78.
Kreusler, U. 114.

Ladureau, A. 288.
Lang, C. 452.
Lauterburg, R. 359.
Laurent, E. 206. 379.
Lawes, J. B. 195. 197. 206.
Lehmann, K. 228.
Lévy, A. 384.
Lévy, M. 289.
Liborius, P. 380.

Mangin, L. 228. 402. 403.
Maquenne, L. 218.
Marek, G. 77. 275. 277.
Mayer, A. 453.
Meyer, A. 100.
Müller, A. 385.
Müller-Thurgau, H. 110. 304.

Nagamatsz, A. 319.
Ney, C. E. 359.
Nobbe, F. 278.
Nördlinger, Th. 359.
Noll, F. 102. 110. 412.

Osterwald, K. 319.

Palmieri, L. 442.
Pellat, H. 441.
Pfeffer, W. 225.
Phillips, R. W. 407.

Quantin. 386.

Ramann, E. 73. 75. 77.
Rauner, S. von. 204.
Regnard, P. 228.
Reinke, J. 225. 227.
Reinl, C. 280.
Rohrbach, C. 116.

Sachs, J. 409.
Schimper, A. F. W. 101.
Schmied, A. A. 206.
Schröder, G. 220.
Schultz, A. F. W. 352.
Schwendener, S. 308. 314.
Sikorski, J. S. 413.
Sorauer, P. 387.
Soyka, J. 206. 289.
Stahl, E. 104.
Strecker, W. 289.

Timirjaseff, C. 401.
Troska, A. 350.
Tschaplowitz, F. C. 117.
Tschirch, A. 106.

Uffelmann, J. 381.

Vesque, J. 104.
Vöchting, H. 104.
Vogel, H. 77.
Volkens, G. 217.
Vries, H. de. 107.

Warburg, O. 221.
Warington, R. 203. 383.
Weber, C. A. 105.
Weber, L. 164. 354.
Westermaier, M. 217.
Wiesner, J. 412.
Wigand, A. 116.
Wild, H. 445. 453.
Wilhelm, G. 164.
Woeikof, A. 150. 359. 434. 453.
Wollny, E. 1. 165. 207. 290. 319. 361. 386.
Wortmann, J. 312. 315. 411.

Digitized by Google

Druckfehler-Berichtigung.

In der Tabelle S. 66 müssen die Werthe für die Bestrahlung der Fläche von 30° wie folgt abgeändert werden:

10. Februar: **5,9831** statt: 6,9831
10. März : **6,9617** statt: 7,9617
20. „ : **7,2472** statt: 7,4472
30. „ : **7,4892** statt: 7,2892.

S. 288. in der Mitte:

Ann. agronomiques. Bd. XI. **1885** statt: 1886.

S. 308. unten: **S.** Schwendener statt: J. Schwendener.

Digitized by Google

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XXXV. Untersuchungen über die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse des Bodens bei verschiedener Neigung des Terrains gegen den Horizont.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Der Einfluß, den die Neigung der Ackerflächen auf die Erwärmung und den Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches ausübt, ist bisher nicht näher untersucht worden, obwohl a priori anzunehmen ist, daß jene beiden für das Pflanzenwachsthum wichtigen Faktoren unter bezeichneten Verhältnissen eine Modifikation erfahren werden, welche sowohl für die Beurtheilung der Fruchtbarkeit des Kulturlandes als auch für solche Operationen des praktischen Pflanzenbaues, welche eine künstliche Abänderung der gegebenen klimatischen Elemente bezwecken, ein hervorragendes Interesse bieten dürften. In der That stellte sich in den aus vorstehenden Erwägungen unternommenen Versuchen des Referenten heraus, daß die Voraussetzungen, von denen ausgegangen wurde, richtig waren und daß der durch verschiedene Neigung des Terrains bedingte Einfluß auf die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens nicht allein ein sehr durchgreifender war, sondern auch in einer überaus mannigfaltigen Weise in die Erscheinung trat. Gleichzeitig ließen die Versuche auf's Neue erkennen, daß Fragen, wie die vorliegende, sich im Voraus durch ein einfaches, auf den für den speciellen Fall anwendbar erscheinenden allgemeinen Naturgesetzen basirendes Raisonnement nicht

Digitized by Google

beantworten lassen, vielmehr einer besonderen experimentellen Prüfung bedürfen, und zwar wegen der außerordentlichen Komplikation, in welcher die Wirkungen der einzelnen Faktoren unter den obwaltenden Verhältnissen hervortreten.

Wenngleich die Versuche des Referenten sich über alle in Betracht zu ziehenden Momente, so auch über die Vegetationsverhältnisse verschieden geneigter Flächen, verbreitet haben und als mehr oder weniger abgeschlossen betrachtet werden können, so sollen doch, vorerst an dieser Stelle, nur die Ergebnisse jener Versuche mitgetheilt werden, in welchen die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse des ebenen und des gegen den Horizont verschieden geneigten Landes bei südlicher Exposition festzustellen versucht wurden. In einer weiteren zu späterer Veröffentlichung bestimmten Abhandlung wird der Einfluß der Neigung des Terrains gegen den Horizont kombinirt mit derjenigen gegen die Himmelsrichtung auf die gleichen Wachsthumsfaktoren dargelegt werden, während eine dritte Arbeit dazu bestimmt ist, die Ergebnisse der die Entwickelung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen unter vorbezeichneten Verhältnissen betreffenden Untersuchungen zur Veröffentlichung zu bringen.

Ausführung der Versuche.

In der einen Versuchsreihe wurden im Querschnitt quadratische Holzkästen von 1 qm Grundfläche und 25 cm Tiefe in Abständen von 2 m in einer Reihe derart im Freien, mitten auf dem Versuchsfelde aufgestellt, daß die Oberfläche des in die Kästen gebrachten Bodens genau gegen Süden exponirt war. Ein Kasten stand, auf zwei circa 4 cm hohen Holzleisten aufruhend, vollständig horizontal, während die übrigen Kästen eine schräge Stellung dadurch erhielten, daß unter dieselben ein aus zwei durch Verstrebungen mit einander verbundenen, winkelförmigen Brettern hergestelltes Gestell geschoben wurde. Um das Einsinken der Kästen, und damit jede Veränderung in der Stellung derselben zu verhüten, wurde die Stelle, auf welcher die Apparate aufgestellt waren, mit einem aus starken Brettern zusammengefügten, horizontal liegenden Fußboden bedeckt. Der Boden der Kästen war mit je 36 Löchern von 1 cm Durchmesser versehen, welche den Abfluß des von dem Erdreich nicht festgehaltenen Wassers ermöglichten.

Die bei einem Neigungswinkel von 16°, 32° und 48° aufgestellten

Digitized by Google

Kästen wurden mit Lehm (Ziegellehm von Berg am Laim bei München) in feuchtem Zustande durch Einstampfen jeder circa 3 cm hohen Schicht gefüllt. Die Rücksicht auf die voraussichtlich starke Abschlämmung des Bodens bei der stärksten Neigung durch die atmosphärischen Niederschläge ließ die Wahl sowohl der Bodenart als auch die Art der angegebenen Einfüllung geboten erscheinen. Der nur in geringen Mengen durch den Regen fortgeführte Boden wurde durch Aufbringung von Lehm und Festdrücken desselben an die Unterlage ersetzt.

In einer zweiten Versuchsreihe wurden Kästen von 0,64 qm Grundfläche und 25 cm Tiefe, ebenfalls von quadratischem Querschnitt, in derselben Weise, wie im vorigen Fall, nur mit dem Unterschied aufgestellt, daß hier der Neigungswinkel 10°, 20° und 30° betrug und daß statt des Lehms humoser Kalksandboden, die Ackererde des Versuchsfeldes, gewählt worden war.

I. Die Bodenfeuchtigkeit bei verschiedener Neigung des Terrains.

Die Erdproben wurden mittelst eines Erdbohrers in der Mitte eines jeden Kastens bis auf 25 cm ausgehoben und bei 105° C. so lange getrocknet, bis das Gewicht des Bodens konstant war. Die in dem humosen Kalksandboden enthaltenen Steinchen wurden bis zu Linsengröße vor dem Abwiegen sorgfältig entfernt, um nicht Versuchsfehler, bedingt durch verschiedenen Gehalt an Steinen, erwachsen zu lassen.

Der Wassergehalt, ausgedrückt in Gewichtsprocenten, stellte sich in den einzelnen Versuchen wie folgt:

A. Der Wassergehalt des nackten Bodens.

Versuch I. (1878.) Lehmboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens			
	Ebene	Neigung der Fläche		
		16°	32°	48°
29. Juni	14,54	14,17	13,40	13,64
16. Juli	17,18	15,48	14,94	14,34
9. Okt.	16,79	16,24	14,51	13,96
Mittel:	16.17	15,30	14,28	13,98

Versuch II. (1879.) Lehmboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens			
	Ebene	Neigung der Fläche		
		16°	32°	48°
12. April	16,34	15,28	14,72	14,07
4. Juni	17,79	16,27	15,49	15,51
17. »	18,98	17,92	16,15	17,24
4. Juli	18,72	17,29	16,84	17,17
15. »	19,35	18,40	17,94	17,80
5. Aug.	15,77	15,41	14,87	14,93
2. Sept.	18,22	16,25	16,13	15,01
1. Okt.	19,64	17,04	16,70	15,94
Mittel:	18,10	16,73	16,10	15,96

Digitized by Google

Versuch III. (1881.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergeh. d. Bodens Neigung der Fläche 10°	20°	30°
8. Mai	20,40	17,36	17,74
23. »	20,64	18,24	18,21
4. Juni	21,91	20,74	20,32
23. »	19,02	19,71	19,51
5. Juli	20,48	18,88	18,98
19. »	18,84	18,47	18,39
5. August	18,00	19,47	17,67
22. »	22,28	20,69	20,55
Mittel:	**20,19**	**19,19**	**18,92**

Versuch IV. (1882.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergeh. d. Bodens Neigung der Fläche 10°	20°	30°
19. April	19,02	18,04	16,88
4. Mai	21,72	20,69	20,00
20. »	20,39	18,41	18,06
28. »	17,28	15,46	15,75
17. Juni	21,07	20,33	19,03
5. Juli	23,91	23,42	22,30
15. »	23,37	21,69	20,30
29. »	25,82	24,64	24,16
11. August	23,26	20,33	19,00
30. »	25,88	24,57	23,81
16. September	22,99	22,27	21,29
27. »	24,23	23,12	22,37
Mittel:	**22,41**	**21,08**	**20,25**

B. Der Wassergehalt des bebauten Bodens.

Versuch I. (1883.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Bestandespflanze	Wassergehalt des Bodens Neigung der Fläche 10°	20°	30°
20. April	Roggen	22,61	20,55	17,74
4. Mai		25,58	23,81	22,39
11. »		16,51	13,55	12,20
28. »		20,15	17,60	16,54
7. Juni		19,74	19,58	18,40
20. »		25,65	25,20	25,17
9. Juli		11,37	11,18	11,07
Mittel:		**20,23**	**18,78**	**17,64**
11. August	Runkelrüben	21,39	20,86	18,84
15. »		14,34	15,77	13,14
23. »		17,76	18,39	14,27
14. September		12,62	12,39	11,04
23. »		23,49	22,01	20,08
Mittel:		**17,92**	**17,88**	**15,47**

Digitized by Google

Versuch II. (1883.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens					
	Gras			Brach		
	Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
	10°	20°	30°	10°	20°	30°
20. April	19,45	18,91	18,79	19,48	17,91	18,49
4. Mai	25,19	24,39	24,10	26,65	26,70	25,00
11. »	16,94	15,78	13,92	21,31	22,25	22,32
28. »	15,39	13,67	11,35	21,66	21,95	20,34
26. Juni	18,06	17,91	16,03	21,63	21,08	18,05
9. Juli	8,75	9,09	7,76	20,44	18,55	18,83
6. August	21,44	19,05	14,93	24,44	24,12	23,33
14. »	14,13	12,13	10,77	19,20	19,14	16,11
23. »	12,09	11,77	11,14	21,34	21,36	21,10
3. September	11,79	11,11	9,21	21,60	21,02	18,87
23. »	25,90	25,31	23,74	21,55	19,88	19,16
2. Oktober	23,49	22,65	20,72	26,22	25,28	25,12
Mittel:	**17,72**	**16,81**	**15,21**	**22,13**	**21,60**	**20,56**

Versuch III. (1884.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens							
	Ackerbohnen				Kartoffeln			
	Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°		10°	20°	30°
27. Juni	19,94	19,46	19,11	18,28	22,37	21,58	20,29	18,43
4. Juli	10,38	9,70	10,56	9,70	14,99	13,84	13,28	10,39
11. »	15,22	15,86	14,89	14,17	16,75	16,18	15,15	15,63
17. »	10,81	9,56	10,21	8,37	10,51	12,16	10,37	9,34
2. August	20,07	19,59	16,87	15,21	—	—	—	—
12. »	15,81	12,93	11,62	11,61	—	—	—	—
25. »	11,00	9,69	8,79	8,19	—	—	—	—
1. September	18,79	18,46	17,51	15,90	—	—	—	—
Mittel:	**15,25**	**14,41**	**13,69**	**12,68**	**16,15**	**15,94**	**14,77**	**14,45**

Digitized by Google

Versuch IV. (1884.)

Humoser Kalksandboden

Datum	Wassergehalt des Bodens							
	Ackerbohnen				Brach			
	Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°		10°	20°	30°
2. August	20,07	19,59	16,87	15,20	23,79	20,67	19,68	18,72
12. »	15,81	12,93	11,62	11,61	21,63	20,75	18,64	17,73
25. »	11,00	9,69	8,79	8,19	22,44	20,06	17,25	18,87
1. September	18,79	18,46	17,51	15,90	25,02	23,88	22,53	22,00
Mittel:	**16,42**	**15,17**	**13,70**	**12,72**	**23,22**	**21,34**	**19,52**	**19,33**

Diese Zahlen lassen zunächst mit großer Uebereinstimmung erkennen, daß das ebene Land feuchter ist als das abhängige, und daß letzteres einen um so geringeren Wassergehalt besitzt, je steiler die Lage des Terrains ist.

Diese Unterschiede sind zunächst und vornehmlich darauf zurückzuführen, daß die atmosphärischen Niederschläge dem ebenen Lande vollständig verbleiben, während auf den geneigten Flächen ein mehr oder weniger großer Theil für die Durchfeuchtung des Erdreiches durch oberflächliche Abfuhr verloren geht. Der auf diese Weise stattfindende Verlust nimmt mit dem Grade der Neigung des Terrains zu, weshalb sich auch die Bodenfeuchtigkeit in demselben Verhältniß vermindern muß.

Als ein weiteres Moment zur Erklärung vorstehender Versuchsergebnisse kann die Thatsache herangezogen werden, daß die Verdunstung des Wassers aus dem Boden, bei gleichmäßiger Durchfeuchtung desselben, innerhalb gewisser Grenzen um so ergiebiger, je größer die Neigung der Bodenfläche ist[1]). Die Ursachen hiervon sind in der mit dem Neigungswinkel zunehmenden Erwärmung des Erdreiches zu suchen[2]). Besonders treten die bezeichneten Unterschiede in der Verdunstung im Frühjahr und Herbst auf, in welchen Jahreszeiten auch in der Bodentemperatur verschieden geneigter Flächen die größten Verschiedenheiten sich bemerkbar machten. So fand z. B. *C. Eser:*

[1]) Vergl. die betreffenden Untersuchungen von *C. Eser*. Diese Zeitschrift Bd. VII. 1884. S. 98.

[2]) Man vergl den zweiten Abschnitt dieser Abhandlung unten.

Digitized by Google

	Verdunstungsmengen pro 1000 qcm in Grammen. Neigung der Fläche bei Süd-Exposition.			
	0°	10°	20°	30°
Vom 20. Aug. bis 4. Novbr. 1883	**3818**	**4235**	**4694**	**5091.**

Im Falle also durch langandauernde ergiebige Niederschläge oder durch die Winterfeuchtigkeit in dem Wassergehalt des Erdreiches gegen den Horizont verschieden exponirter Flächen ein Ausgleich herbeigeführt worden sein sollte, wird dieser Zustand, bei dem Aufhören der Zufuhr, alsbald durch die geschilderten Verschiedenheiten in der Verdunstung wieder beseitigt und dadurch die in obigem Satz charakterisirten Differenzen in der Bodenfeuchtigkeit mehr oder weniger konstant erhalten, wie die mitgetheilten Versuchsergebnisse hinlänglich darthun.

Vergleicht man die Ergebnisse zwischen dem bebauten und unbebauten Boden, so ergiebt sich, wenn auch nicht ohne Ausnahmen[1]), daß die durch die Neigung des Terrains bedingten Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit bei dem bebauten Lande stärker hervortreten als bei dem brachliegenden. Dafür sprechen folgende Zahlen:

Differenz zwischen dem Wassergehalt des ebenen und steilsten Landes.

A.		B.	
Versuch I. Brach	2,18	Versuch I. Roggen	2,59
„ II. „	2,14	„ Runkelrüben	2,45
„ III. „	1,27	„ II. Gras	2,51
„ IV. „	2,16	„ III. Ackerbohnen	2,57
Mittel:	1,94	Mittel:	2,53.

Die betreffenden Werthe betragen in Versuch B. II:

Gras	Brach
2,51	1,57.

Zur Erklärung der durch diese Zahlen charakterisirten Erscheinung ist die Thatsache heranzuziehen, daß sich die Pflanzen bei zureichendem Wasservorrath im Boden in Folge stärkerer Erwärmung des Erdreiches um so kräftiger entwickeln und dementsprechend dem Boden um so

[1]) Die Verhältnisse, unter denen diese Ausnahmen in die Erscheinung treten, sollen in der in Aussicht genommenen dritten Publikation näher dargelegt werden.

Digitized by Google

größere Wassermengen entziehen[1]), je steiler innerhalb gewisser Grenzen die Bodenfläche ist.

In Rücksicht auf die Vegetationsverhältnisse verschieden geneigter Flächen ist schließlich auch die Thatsache von Belang, daß das Wasser unter derartigen Umständen nicht gleichmäßig in der Ackerschicht vertheilt ist. Um dies nachzuweisen, wurden von dem Referenten die Bodenproben nicht aus der Mitte der Versuchskästen, wie in den bisher mitgetheilten Untersuchungen, sondern an zwei Stellen, nämlich 10 cm unterhalb des oberen und in demselben Abstand oberhalb des unteren Randes der Kästen entnommen.

C. Die Vertheilung der Bodenfeuchtigkeit

stellte sich dabei in folgender Weise heraus:

Versuch I. (1882.)

Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens											
	Gras						Brach					
	Neigung der Fläche						Neigung der Fläche					
	10°		20°		30°		10°		20°		30°	
	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten
23. Juni	19,32	19,54	17,48	19,02	15,69	19,11	22,81	24,14	21,64	23,35	20,72	22,21
19. August	17,36	18,65	15,11	16,86	13,79	14,92	22,23	23,52	20,96	23,35	19,78	22,16
Mittel:	**18,34**	**19,09**	**16,29**	**17,94**	**14,74**	**17,03**	**22,52**	**23,83**	**21,30**	**23,35**	**20,25**	**22,19**
Differenz:	**0,75**		**1,65**		**2,29**		**1,31**		**2,05**		**1,94**	

[1]) Vergl. diese Zeitschr. Bd. IV. 1881. S. 103 u. ff.

Digitized by Google

Versuch II. (1884.)

Nackter Boden. Humoser Kalksandboden.

Datum	Wassergehalt des Bodens							
	Neigung der Fläche							
	0°		10°		20°		30°	
	I. Probe	II. Probe	oben	unten	oben	unten	oben	unten
1. Mai	23,62	24,32	22,37	24,11	21,89	23,94	21,79	22,82
10. »	24,74	24,83	22,81	24,52	22,83	24,34	22,18	23,54
14. »	21,75	21,80	20,58	22,42	18,61	20,19	18,32	21,16
23. »	17,77	18,11	15,30	17,44	13,73	15,88	13,58	14,69
29. »	16,46	17,44	16,94	16,27	14,44	14,23	14,16	15,77
13. Juni	24,27	25,19	23,49	24,35	22,35	23,77	21,97	23,33
25. »	23,98	24,26	23,43	23,61	22,16	23,92	20,22	23,41
3. Juli	20,38	21,05	19,64	19,57	18,93	18,97	18,62	19,83
10. »	21,53	21,88	19,28	21,96	18,39	21,89	18,10	20,97
16. »	18,63	19,12	17,99	17,85	15,14	17,54	15,73	17,18
31. »	23,91	24,46	23,09	24,27	21,92	23,92	21,10	23,31
9. August	24,73	25,09	21,68	24,06	20,82	23,25	20,71	21,97
25. »	21,24	21,84	20,70	21,48	17,98	20,70	17,98	19,57
1. September	25,73	25,78	23,23	24,99	22,28	23,53	21,21	24,23
26. »	19,47	20,95	18,49	19,49	18,37	19,24	18,17	18,96
Mittel:	**21,88**	**22,41**	**20,60**	**21,76**	**19,32**	**21,02**	**18,92**	**20,72**
Differenz:	**0,53**		**1,16**		**1,70**		**1,80**	

Diese Zahlen zeigen auf das Deutlichste,

daß die Bodenfeuchtigkeit in dem ebenen Lande gleichmäßiger vertheilt ist als in dem geneigten,

daß in letzterem der Wassergehalt des Erdreiches von oben nach unten zunimmt und

daß die in dieser Beziehung zwischen den höher und tiefer gelegenen Erdpartien bestehenden Differenzen um so größer sind, je stärker geneigt die Fläche ist.

Die Ursachen dieser Erscheinungen sind darin zu suchen, daß die Niederschläge in das ebene Land mehr oder weniger gleichmäßig eindringen, während dieselben bei abhängigem Terrain zum Theil oberflächlich und, soweit sie in den Boden eingedrungen sind, auch theilweise unterirdisch den tiefer gelegenen Partien zufließen, wodurch die Erdschichten einerseits um so schneller entwässert werden, je höher ihre Lage und je steiler das Terrain ist, andererseits um so mehr Wasser zugeführt erhalten, je tiefer sie gelegen sind. Zur Erklärung des an

Digitized by Google

dritter Stelle angeführten Satzes ist die Thatsache heranzuziehen, daß die oberen Bodenpartien um so kräftiger entwässert werden, als der Neigungswinkel der Fläche zunimmt, während letzterer auf den Wassergehalt der unteren Schichten einen vergleichsweise geringeren Einfluß ausübt.

II. Die Bodentemperatur bei verschiedener Neigung des Terrains.

Die Anschauungen über den Einfluß der Neigung des Terrains auf die Bodentemperatur gehen bei denjenigen Forschern, welche sich mit Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften des Bodens beschäftigt haben, weit auseinander.

G. Schübler[1]) ist der Ansicht, daß die verschiedene Neigung des Erdreiches gegen das einfallende Sonnenlicht einen sehr bedeutenden Einfluß auf die verschiedene Erwärmung habe; die Erwärmung sei unter übrigens gleichen Umständen immer desto größer, je mehr sich der Winkel, welchen die Erdoberfläche mit dem Sonnenlicht bildet, einem rechten Winkel nähert. „Beträgt die durch die Sonnenstrahlung veranlaßte Temperaturerhöhung 20 bis 28 Grad, wie dieses an heiteren Sommertagen oft der Fall ist, so wird diese Temperaturerhöhung nur halb so groß sein, wenn sich dasselbe Licht durch ein mehr schiefes Einfallen auf eine doppelt so große Fläche verbreitet, wenn der Sinus des Einfallswinkels nur halb so groß ist. Es erklärt sich hieraus genügend, wie die Hitze am Abhang gegen Süden geneigter Berge und Felsen auch in unserem Klima oft so bedeutend zunehmen kann; steht die Sonne 60° über dem Horizont, wie dieses gegen Mittag in der Mitte des Sommers bald mehr bald weniger der Fall ist, so fallen die Sonnenstrahlen an Bergabhängen, welche unter einem Winkel von 30° gegen den Horizont geneigt sind, unter einem rechten Winkel auf. Sind die Abhänge noch steiler, so fallen die Sonnenstrahlen auch in den späteren Sommermonaten noch häufiger unter diesem Winkel auf. Solche Abhänge eignen sich daher in unseren geographischen Breiten vorzüglich zur Kultur von Pflanzen, welche eine höhere Temperatur bedürfen, namentlich zum Weinbau".

Entgegen diesen Anschauungen ist *W. Schumacher*[2]) der Meinung,

[1]) *G. Schübler.* Grundsätze der Agrikulturchemie. 2. Aufl. Leipzig. 1838. Bd. II. S. 93.

[2]) *W. Schumacher.* Die Physik des Bodens. Berlin 1864. S. 307.

Digitized by Google

daß der durch die Neigung des Bodens bedingte Einfallswinkel keinen besonderen Einfluß auf die Erwärmung des Bodens habe. Er fand in dem Abhang eines Sandhügels, dessen Neigung ungefähr 40° betrug, gegen 2 Uhr Nachmittags im Juli dieselbe Bodentemperatur wie auf der 300 Schritt weiter liegenden, ebenen Sandfläche; die Differenz betrug noch nicht 1/4 Grad. In Lehmboden fand er dasselbe. An der beinahe senkrechten Lehmwand zeigte sich Mittags kurz vor 12 Uhr dieselbe Temperatur wie auf dem horizontal gelegenen Grunde dicht vor der Lehmwand[1]).

J. R. Lorenz[2]) schildert den Einfluß, den die Neigung des Terrains auf die Temperatur des Standortes ausübt, wie folgt: „Im Allgemeinen nimmt bei sonnenseitigen Gehängen die Intensität der Erwärmung bei Tage desto mehr zu, je mehr sich der Neigungswinkel demjenigen nähert, bei welchem die mittlere Richtung der Sonnenstrahlen senkrecht auf die Gehängeflächen geht; ist die Neigung größer, so wird die Erwärmung bei Tage wieder geringer. Da aber andererseits auch die nächtliche Ausstrahlung das Klima eines Standortes beeinflußt und diese desto grösser ist, je mehr die ausstrahlende Fläche sich der horizontalen nähert, so sind die sonnenseitigen Gehänge in verschiedenem Grade excessiv."

Genannter Autor zeigt dann an einigen Beispielen, in welchem Verhältniß die Erwärmung bei Tage und die Ausstrahlung bei Nacht bei verschiedener Neigung der Bodenflächen stehen, ohne indessen dafür Zahlen anzuführen.

Angesichts dieser unzulänglichen Behandlung des für die Pflanzenkultur in mehrfacher Beziehung wichtigen Gegenstandes hat Referent auf den sub I näher beschriebenen Bodenflächen Temperaturmessungen des Erdreiches in 10 resp. 15 cm Tiefe vorgenommen. In den den jährlichen Gang der Bodentemperatur betreffenden Versuchen wurden die Thermometer während der Monate Oktober bis März früh 8 und Nachmittags 4 Uhr, während der Monate April bis September früh 7 Uhr und Nachmittags 5 Uhr abgelesen. Es entsprechen diese Termine dem Minimum und Maximum der Bodentemperatur. Aus den auf diese Weise ermittelten Daten wurden die fünftägigen Mittel berechnet.

[1]) In diesem Falle mußte auch die Temperatur an der senkrechten Lehmwand dieselbe sein wie in dem ebenen Lande, weil der Einfallswinkel, wie leicht begreiflich, an beiden Orten derselbe war. *(D. Ref.)*

[2]) *J. R. Lorenz.* Lehrbuch der Klimatologie. Wien. 1874. S. 304.

Digitized by Google

Um den täglichen Gang der Bodentemperatur zu ermitteln, wurden die Beobachtungen alle zwei Stunden, Tag und Nacht, angestellt.

Die Lufttemperatur wurde nach den an einem im Schatten aufgestellten Thermometer gemachten Aufzeichnungen der meteorologischen Centralstation, nach der von derselben gegebenen Vorschrift, berechnet.

Die Thermometer waren in der Mitte eines jeden Versuchskastens in die Erde gesenkt worden, nach vorgängiger Kontrole ihrer Angaben.

Die Ergebnisse der Beobachtungen (in ^{0} C.) lassen sich folgenden Tabellen entnehmen:

Digitized by Google

1. Jährlicher Gang der Bodentemperatur.

A. Die Temperatur des nackten Bodens.

Versuch I. (1878/79.)

Lehmboden. Bodentemperatur in 10 cm Tiefe.

Mai.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	12,37	14,53	14,51	14,72	14,67	9,6	10,9	11,7	11,3
6. — 10.	12,79	14,30	14,36	14,59	14,56	9,6	11,4	12,0	11,6
11. — 15.	13,46	15,54	16,10	16,79	16,16	9,5	11,6	12,6	11,3
16. — 20.	16,36	18,12	18,95	19,68	19,03	11,6	14,1	15,1	14,2
21. — 25.	12,64	13,78	13,81	14,26	13,86	10,6	12,2	12,8	12,4
26. — 31.	10,50	12,72	12,78	12,84	12,56	9,8	11,4	12,5	11,8
Mittel:	12,93	**14,76**	**15.01**	**15,40**	**15,06**	**10,12**	**11,93**	**12,78**	**12.10**

Witterung:

1. Fr. ver. Vorm. u. M. R. Nachm. st. G.-R. Ab. ver. N. R.
2. Fr. R. u. schw. W. am Tage abw. st. u. schw. R. Ab. ver.
3. Fr. bew. u. schw. W. M. v. 12 bis 2½ U. R. dann bew. und ver. W. Ab. st. W. N. kl.
4. Kl. bis 10 U. Vorm. dann abw. bew. u. schw. W. Ab. ver. N. kl.
5. Bis 10 U. Vorm. kl. dann abw. bew. u. schw. W. bis 5½ U. Nachm. dann kl.
6. Kl. u. schw. W. Ab. ver.
7. Fr. ver. Von 8 U. Mg. bew. u. st. W. M. r. Um 2 U. Nachm. st. G.-R. bis 5 U. dann ver. N. R.
8. Fr. R. u. schw. W. Von Vorm. 11 U. ab st. W. u. abw. st. R. bis 5 U. Nachm. dann ver. Von 6 U. Ab. ab st. R.
9. Bis Nachm. 5 U. thlw. kl. thlw. bew. u. mst. W. dann abw. bew.
10. Fr. nb. u. schw. W. Am Tage u. Ab. meist. kl.
11. Bis Nachm. 5 U. meist. kl. u. schw. W. dann ab. bew.
12. Bis 9 U. Vorm. ver. dann bew. M. ab. bew. und mst. W. Nachm. G.-R. Ab. u. N. thlw. R.
13. Bis M. ver. u. mst. W. Nachm. st. W. M. u. Nachm. schw. R. von kurzer Dauer. Ab. u. N. abw. R.
14. Bis Vorm. kl. dann bis Nachm. abw. bew. dann meist kl. Ab. u. N. bew.
15. Bis Vorm ver. dann bis Ab. abw. bew. Ab. u. N. kl.
16. Bis Nachm. meist kl. u. st. W. Nachm. schw. R. dann ver. Ab. u. N. kl.
17. Kl. u. ver. W.
18. Kl. Vorm. sch. W. Von M. ab r.
19. Bis M. meist kl. M. G. u. st. W. Von 5¾ bis 6 U. st. G.-R. dann abw. R.
20. Ver. abw. bew. Ab. mehr kl. N. ver.
21. Fr. schw. R. u. st. W. Vorm. bew. u. St. Nachm. 3—5 U. R. m. H. dann ver.
22. Abw. bew. und mst. W. Nachm. st. W. Ab. ver. N. meist kl.
23. Bis Nachm. meist kl. u. schw. W. dann r. Nachm. schw. R.
24. Bis Vorm. 9 U. R. dann st. W. u. abw. R. bis M. dann ver. Ab. u. N. abw. R.
25. Fr. abw. bew. u. R. u. mst. W. Am Tage st. R. u. mst. W. Ab. u. N. abw. R.
26. Fr. bew. und mst. W. Vorm. thlw. st. R. Nachm. bew. u. thlw. R. u. mst. W. Ab. ver. N. kl.
27. Bis Nachm. kl. u. mst. W. dann abw. bew.
28. Bew. bis Ab. dann abw. bew. N. R. u. st. W.
29. Bis M. st. W. u. abw. R. dann bis 1 U. St. u. R. dann ver. Von 4—5¼ U. Nachm. abw. R. dann ab. bew. u. st. W.
30. Bis Vorm. 10 U. ver. u. st. W. dann bew. u. schw. W. bis Ab.
31. Bis fr. 8½ U. bew. Bis Nachm. 5 U. abw. bew. u. schw. W. dann bew. Von 5¾—6 U. R. Ab. u. N. ver.

Digitized by Google

Juni.

Datum	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	14,11	15,55	15,47	15,58	15,35	6,6	7,8	8,2	8,3
6. — 10.	13,79	16,36	16,52	16,95	16,52	11,6	14,2	14,8	14,1
11. — 15.	16,27	19,29	19,66	20,17	19,61	12,8	14,8	15,4	14,8
16. — 20.	12,81	15,53	15,65	15,77	15,83	12,2	14,4	14,6	14,0
21. — 25.	15,75	19,92	20,16	20,61	20,51	12,9	14,7	15,1	14,7
26. — 30.	16,54	20,24	20,49	21,10	20,74	6,5	7,6	8,0	7,4
Mittel:	14,88	17,81	17,99	18,36	18,09	10,43	12,25	12,68	12,22

Witterung:

1. Fr. R., dann bis 5 U. Nachm. bew. Von da ab mst. W. u. schw. R.
2. Abw. bew. u. schw. W. Um 5 U. Nachm. u. N. schw. R.
3. Fr. st. R. Vorm. abw. R. bis Nachm. 2 U., dann abw. bew. u. st. W. Von 6½ U. ab st. R.
4. Bis 8 U. fr. schw. R. u. schw. W., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. R.
5. Bis Nachm. abw. bew. u. mst. W. Nachm. bis Ab. st. G.-R. N. abw. R.
6. Fr. abw. R., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew.
7. Fr. kl. am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
8. Kl.
9. Vorm. bis Nachm. abw. bew., dann bew. u. r.
10. Bis 10¼ U. Vorm. bew. schw. R., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
11. Kl. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew.
12. Bis Nachm. 4¾ U. abw. bew., dann G. mit St., dann st. W. N. schw. R.
13. Fr. bis 8 U. kl., dann abw. bew. bis Nachm., dann kl. u. mst. W. Ab. u. N. r. u. ver.
14. Fr. bew. u. r., dann kl. u. schw. W. Nachm. u. N. R.
15. Fr. st. W. u. abw. R. bis Nachm. 4 U., dann st. R. u. st. W.
16. Fr. bew. u. st. W. am Tage bew. u schw. W. N. abw. R.
17. Bew. u. schw. W. bis Vorm. 11 U., dann abw. bew. u. r. N. kl.
18. Meist kl. Nachm. abw. bew. Ab. ver. N. abw. bew.
19. Bis Nachm. 4 U. thlw. bew. von da ab schw. W. u. kl. Ab. bew. u. st. W. N. St.
20. Fr. st. W. u. Stanb-R. bis M., dann bew. u. mst. W. N. r. u. bew.
21. Fr. bew. u. r. Von 9 U. Vorm. thlw. bew. Nachm. mst. kl. bis N.
22. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
23. Bis Nachm. 5 U. meist kl., dann bew. Um 5½ U. G. u. schw. W. Von 8½ U. ab. st. G.-R.
24. Fr. R., dann bis M. abw. R., dann bis Nachm. 4 U. R., dann bew. u. r. Ab. u. N. schw. R.
25. Bis Nachm. 2½ U. thlw. bew. von da ab bis 3¼ U. schw. R., dann kl.
26. Fr. thlw. bew. Von Vorm. 10 U. ab ebenso u. mst. W. Ab. r. N. kl.
27. Bis Vorm. 11 U. kl. Von 11—12 U. G. u. schw. R., dann thlw. bew. u. st. W. N. kl.
28. Bis 10 U. Vorm. meist kl. u. st W., dann thlw. bew. u. St. Von 8 U. Ab. ab kl. u. r.
29. Vorm. bis 10 U. kl., dann thlw. bew. Nachm. G. Von 5½—8 U. schw. G.-R. Ab. u. N. ver.
30. Fr. ver. u. st. W. Am Tage bew. u. r. Ebeuso Ab. u. N.

Digitized by Google

Juli.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	14,50	15,97	15,87	15,72	15,71	13,4	14,7	15,2	14,7
6. — 10.	16,16	17,31	17,40	17,59	17,70	7,8	9,0	9,2	8,6
11. — 15.	15,12	15,76	15,53	15,47	15,55	5,7	5,8	6,4	6,2
16. — 20.	15,49	19,97	20,47	20,89	20,63	15,7	18,0	18,0	16,8
21. — 25.	18,77	22,08	22,67	23,21	22,99	10,7	12,8	12,9	12,4
26. — 31.	15,49	16,62	16,42	16,42	16,50	7,7	8,8	10,2	9,9
Mittel:	15,97	**17,91**	**18,01**	**18,16**	**18,13**	**10,17**	**11,52**	**11,98**	**11,43**

Witterung:

1. Fr. th. bew. u. schw. W. Vorm. bis Nachm. 4 U. st. W., dann kl. u. schw. W. Ab. r.
2. Bis 11½ U. Vorm. bew., bis 11¾ U. st. G.-R., dann bew. u. r. bis 2 U., dann abw. R.
3. Bis 11 U. Vorm. bew. u. r., dann bis 2 U. Nachm. R. u. schw. W., dann abw. R. u. mst. W.
4. Fr. bew. u. ver. Von 8 U. ab bew. u. abw. R. Ab. u. N. ver.
5. Bis Nachm. 4 U. th. bew. u. st. W. Von da ab bew. u. st. W.
6. Bis 10 U. Vorm. ver. u. mst. W., dann th. bew. u. st. W. Ab. u. N. r.
7. Bis 11 U. Vorm. bew. u. schw. W. M. bis Nachm. 3¾ U. G.-R., dann bew. Ab. schw. R. N. th. bew.
8. Vorm. bew. M. u. Nachm. G.-R. u. mst. W. Ab. u. N. ver.
9. Bis 8 U. bew. u. schw. R., dann bew. u. schw. W. Nachm. ver. Ab. u. N. th. bew.
10. Bis M. bew. u. schw. W., dann bew. u. st. W. N. th. bew.
11. Fr. bew. u. mst. W. Am Tage abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. st. W.
12. Abw. R. u. st. W. Ab. u. N. ver. u. schw. W.
13. Bew. u. schw. W. bis Nachm., dann th. bew. Ab. ver. N. abw. R.
14. Fr. st. R., dann abw. R. u. schw. W. bis M., dann bew. u. st. W. Ab. u. N. bew.
15. Bis Nachm. bew. u. schw. W. Nachm. ver. u. st. W. N. th. bew.
16. Th. bew. u. mst. W. bis Nachm. 3 U., von da ab meist kl. u. st. W. Ab. kl. u. schw. W. N. th. bew.
17. Kl. u. schw. W.
18. Kl.
19. Fr. kl, am Tage th. bew. Ab. u. N. kl.
20. Meist kl.
21. Fr. ver. Vorm. u. Nachm. bew. Gegen Ab. th. bew. N. kl.
22. Kl. Ab. u. N. th. bew.
23. Kl. M. G.-R. u. mst. W., dann kl. Von Nachm. 4 U. ab G., v. 6—6½ U. st. G.-R. u. St., dann ver. Ab. u. N. th. bew.
24. Bew. Nachm. zugleich st. W., dann th. bew.
25. Bis Nachm. 4 U. th. bew. Von da ab bew. u. mst. W. Von 6½ U. Ab. abw. st. G.-R.
26. Abw. R. u. st. W. Ab. ebenso u. schw. W.
27. Bis 11 U. Vorm. R. u. schw. W., dann bew. u. schw. W. Von 6¼ bis 6¾ U. Ab. st. R., dann ver.
28. Bis Nachm. abw. bew. Vorm. schw. R. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. th. bew. u. r.
29. Bis 8 U. Vorm. kl. Von da ab abw. bew. bis Nachm. 2 U., dann bew. N. schw. R.
30. Fr. abw. R. bis 8 U., dann bew. bis M., schw. R. um 12 U., dann ver. u. mst. W. Ab. u. N. abw. st. G.-R.
31. Abw. R. u. schw. W.

Digitized by Google

August.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	13,95	16,65	16,67	16,88	16,81	12,9	15,1	15,4	14,6
6. — 10.	17,11	19,71	19,82	20,35	20,40	11,0	12,2	12,6	11,7
11. — 15.	18,31	19,57	19,88	20,28	20,38	8,8	10,1	10,9	10,4
16. — 20.	16,24	17,58	17,67	17,90	18,00	8,6	10,0	10,3	9,7
21. — 25.	14,81	16,40	16,23	16,27	16,30	7,7	7,8	9,2	8,6
26. — 31.	17,27	17,64	17,68	17,78	17,78	7,2	8,1	8,6	8,0
Mittel:	16,31	**17,91**	**17,98**	**18,23**	**18,27**	**9,37**	**10,55**	**11,47**	**10,50**

Witterung:

1. Fr. bew. u. schw. W. bis M., dann st W. bis 3¾ U. Nachm., dann st. G.-R. bis 5 U. Von da ab R.
2. Bew. u. mst. W. Ab. thlw. bew. N. kl.
3. Ver. u. mst. W. bis Nachm., dann thlw. bew. u. r.
4. Schw. W. u. th. bew. bis Ab., dann kl. u. r.
5. Bis M. kl. u. r. Von da ab th. bew. Nachm., Ab. u. N. kl. u. r.
6. Kl. u. schw. W., N. schw. R.
7. Bis M. R., dann bew. Nachm. schw. R. Ab. ver.
8. Ver. Nachm., Ab. u. N. th. G.-R. u. abw. st. W.
9. Bis 10 U. Vorm. ver. von da ab bis Nachm. 5 U. bew. dann kl.
10. Kl. u. schw. W. N. schw. G.-R.
11. Bew. u. st. W. N. schw. R., ver. u. r.
12. Bis fr. 8½ U. ver. dann abw. bew.
13. Meist kl. u. mst. W. Ab. bew. u. st. W. Von 8½ U. ab abw. R.
14. Bis Vorm. 9½ U. bew. Von da ab R. u. st. W. Ab. u. N. abw. R. u. st. W.
15. Bis 8½ U. Vorm. bew., etw. Staub-R. u. st. W., dann meist kl. u. st. W. Nachm. ver. u. schw. W. N. R.
16. Bis. Nachm. 1 U. R., dann bew. u. schw. W. N. ver. u. st. W.
17. Fr. ver. u. st. W. Von 8½ U. ab St. u. th. bew. bis Nachm. 5 U., dann schw. W. Ab. r N. kl. u. r.
18. Kl. u. schw. W. Von Nachm. 5 U. ab kl. u. r.
19. Bis M. ver. Von da ab bis 3¾ U. Nachm. st. W., dann schw. W. Von 4 U. an schw. R. Ab. bew. N. schw. R.
20. Fr. bis M. ver. u. schw. W. M. R. u. st. W. Nachm. bew. u. St. Ab. R. u. schw. W.
21. R. u. mst. W. Nachm. ver. u. r. Ab. th. bew. N. kl.
22. Nb. bis 9 U. Vorm., dann th. bew. u. schw. W. Ab. kl. N. ver. u. schw. R.
23. Bis M. ver. M. kl. u. schw. W. Nachm. bew. bis 4½ U., dann schw. R. bis 7¼ U. Ab. Von da ab ver. N. meist kl.
24. Bis Vorm. 11 U. R., dann bew. Von Ab. 6½ U. ab R.
25. Bis 9 U. Vorm. bew., dann th. bew. Ab. kl. Von M. 12—12½ U. st. R.
26. Ver. th. R. N. st. G.-R. u. St.
27. Meist kl. u. St. Ab. bew. N. abw. R. u. st. W.
28. Bew. u. schw. W., th. R. Ab. u. N. ver.
29. Fr. 6 U. st. G.-R. Vorm. abw. R. Nachm. ver.
30. Bis 8 U. Vorm. schw. R., dann bis M. 1 U. bew. Von da ab bis 5 U. th. st. R., dann ver. N. st. G.-R.
31. Bis M. bew., von 1 U. ab abw. G.-R. Von Ab. ab ver. u. mst. W.

Digitized by Google

September.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	13,79	15,99	16,10	16,34	16,49	9,9	12,1	12,6	12,0
6. — 10.	17,29	19,18	19,50	20,33	20,64	9,2	11,5	12,7	12,3
11. — 15.	15,00	16,35	16,25	16,28	16,57	7,4	8,7	9,9	9,1
16. — 20.	13,72	13,83	14,06	14,37	14,70	7,3	8,4	9,1	8,7
21. — 25.	10,27	11,42	11,25	11,13	11,32	6,8	7,7	8,3	8,1
26. — 30.	10,04	12,12	12,40	12,72	13,01	7,2	8,9	9,5	9,6
Mittel:	13,35	**14,81**	**14,93**	**15,19**	**15,46**	**7,97**	**9,55**	**10,35**	**9,97**

Witterung:

1. Fr. kl. bis 9 U. Von da ab th. bew. u. st. W. Nachm. mst. W. u. bew. Ebenso Ab. u. N.
2. Fr. ver. u. mst. W. Vorm. schw. R. Nachm. bew. Von $5^1/_4$—$5^1/_2$ U. st. G.-R., dann ver.
3. Fr. bew., dann th. bew. Von Nachm. 4 U. ab kl.
4. Fr. nb., sonst kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Fr. nb., sonst kl. u. schw. W.
6. Meist kl.
7. Kl. u. schw. W. Nachm. r.
8. Kl. N. bew.
9. Fr. bew. Um 9 U. Vorm. G.-R., dann ver. Von Nachm. 2 U. ab bis 7 U. Ab. G.-R., dann ver.
10. Fr. ver. u. schw. W., dann r. u. meist kl. Von 2—3 U. Staub-R., dann bew. Ab. schw. R. N. bew.
11. Fr. nb. bis 10 U., dann bew. u. st. W. Nachm. r. u. th. bew. Ebenso Ab. u. N.
12. Bis $11^1/_2$ U. M. nb. Nachm. meist kl. Ab. u. N. kl.
13. Fr. bew. Von $8^3/_4$—$9^3/_4$ U. schw. R., dann ver. Nachm. th. bew. u. schw. W. Um 6 U. st. G.-R. bis 9 U. Ab., dann bew.
14. Fr. R. u. st. W. bis 9 U., dann bew. u. mst. W. Nachm. abw. R., ebenso Ab. u. N.
15. Bis Vorm. 11 U. bew., dann bis 4 U. Nachm. ver., darauf bew.
16. Bis Vorm. 10 U. ver. u. mst. W., dann st. W. Nachm. St. Von 4 U. an R. u. st. W. Von $6^1/_2$ U. ab ver.
17. Bis Nachm. 4 U. ver. u. st. W., dann kl. u. schw. W. Ab. r. u. kl.
18. Fr. bew., sonst meist kl. Ab. u. N. bew.
19. Fr. schw. R. Von 10 Vorm. St. Um 12 U. schw. R., dann bew. u. ver.
20. Bew.
21. Bew. u. abw. R.
22. Bis Nachm. 4 U. bew., dann th. bew. Ab. u. N. kl.
23. Fr. nb., sonst meist kl.
24. Bis $8^1/_2$ U. nb., dann bis Nachm. 2 U. bew., hierauf th. bew. Von 4 U. ab bew. N. R.
25. Bis $8^1/_2$ V. nb., bis Nachm. bew. u. st. W., dann R.
26. St. R. u. W. Ab. u. N. abw. R.
27. Fr. bew. bis 10 U., dann ver. bis Nachm. Von 2 U. ab bew.
28. Bis M. bew., dann th. bew. Ab. u. N. kl.
29. Meist kl. u. r,. th. bew. Ab. u. N. kl.
30. Meist kl. Vorm. st. W. Nachm. St. N. bew. u schw. R.

Digitized by Google

Oktober.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	9,25	11,75	11,98	12,90	13,65	10,2	12,8	14,1	14,6
6. — 10.	11,45	12,51	13,01	13,86	14,50	7,5	9,5	10,6	11,2
11. — 15.	9,31	9,78	9,69	9,78	10,07	5,1	5,8	6,9	7,8
16. — 20.	10,19	10,75	10,80	11,25	11,69	5.8	7,3	8,8	9,5
21. — 25.	10,35	10,66	10,93	11,32	11,80	3,4	3,9	4,0	4,0
26. — 31.	4,97	5,75	5,82	5,86	6,25	11,3	12,4	12,9	13,5
Mittel:	9,28	**10,06**	**10,22**	**10,67**	**11,16**	**7,22**	**8,62**	**9.55**	**10,10**

Witterung:

1. Bis Nachm. bew. u. st. W., dann ver. N. bew.
2. Bis Vorm. 10 U. R. u. mst. W. Bis Ab. abw. bew., dann kl.
3. Fr. Rf. Am Tage u. N. kl.
4. Fr. nb., sonst meist kl.
5. Fr. nb., dann leicht bew. Von 4 U. Nachm. ab kl.
6. Bis Vorm. 9 U. nb., dann kl. N. ver.
7. Bis Vorm. 10½ U. nb., dann abw. bew. N. kl.
8. Bis Vorm. 9 U. nb., sonst kl. Ab. u. N. ver.
9. Fr. R. u. schw. W., dann bis Nachm. abw. R., dann bew. N. kl.
10. Bis Nachm. 5 U. kl. u. schw. W., dann bew. u. st. W. Von 8 U. Ab. bis Mn. R., dann ver.
11. Fr. abw. bew. u. st. W. Vorm. bis Nachm. 4 U. mst. W., dann schw. W. u. ver.
12. Bis Vorm. 10 U. bew., dann bew. N. R.
13. Bew. N. st. W. u. abw. R.
14. Bis Vorm. 8½ U. mst. W. u. R., dann bew.
15. Ver. Ab. bew. N. abw. bew.
16. Abw. bew.
17. Fr. nb. Von 10 U. Vorm. ab bis Nachm. abw. bew., dann kl. Ab. u. N. abw. R.
18. Bis Vorm. 10 U. R., dann bew.
19. Fr. nb. u. schw. W. Von 8 U. Vorm. ab ver. u. mst. W. Nachm. bew. Ab. u. N. abw. R.
20. Fr. bew. u. mst. W. Von 10 U. Vorm. bis 3 U. Nachm. st. W., dann r. bew. Ab. u. N. ver.
21. Ver. N. abw. bew.
22. Bis M. abw. bew., dann bew.
23. Bis 8 U. Vorm bew. Von da ab abw. bew. u. St. Ab. bew. N. kl.
24. Abw. bew. u. schw. W. Ab. r. u. kl.
25. Bis 10 U. Vorm. bew. u. mst. W. dann abw. bew. Ab. bew. N. abw. R.
26. Kl. Ab. abw. bew.
27. Kl. u. schw. W. Ab. bew. N. schw. R.
28. Bis M. schw. R., dann ver. u. schw. W. Ab. thlw. bew. N. kl.
29. Fr. Rf. u. bew. bis Ab. N. kl.
30. Fr. Rf. u. bew. Von 10 U. Vorm. ab ver. u. schw. W. Nachm. St., dann bew. u. schw. W. Ab. 10 U. S. u. R., dann kl.
31. Fr. Rf. bis 10 U. Vorm. abw. bew. u. schw. W., dann bew. u. r. Von 5 U. Nachm. ab S. N. ver.

Digitized by Google

November.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	−1,30	0,32	0,33	0,32	0,41	2,8	3,4	4,8	5,8
6. — 10.	0,52	−0,30	−0,23	0,06	0,38	0,2	0,4	3,8	5,1
11. — 15.	0,52	0,08	0,10	1,11	2,03	1,5	2,2	4,3	4,6
16. — 20.	0,03	0,00	−0,33	−0,10	0,29	0,0	0,3	1,1	1,5
21. — 25.	1,10	0,65	0,50	0,86	1,09	2,2	2,5	2,3	2,5
26. — 30.	5,35	3,66	4,00	4,26	4,84	4,2	5,2	5,2	5,4
Mittel:	1,04	**0,73**	**0,73**	**1,08**	**1,51**	**1,82**	**2,33**	**3,58**	**4,15**

Witterung:

1. Ver. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
2. Fr. Frst. u. nb., dann bew. u. mst. W.
3. Bis Vorm. 8½ U. bew., dann bis 11 U. Vorm. S., später bew. u. mst. W. Ab. st. W. u. S.
4. Fr. st. W. u. abw. S., dann ver. Ab. kl.
5. Bis M. bew. u. mst. W., dann abw. bew. u. r.
6. Vorm. ver., dann abw. bew.
7. Fr. Frst., am Tage ver. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
8. Fr. Frst. bis M. abw. bew., dann kl.
9. Bis 9 U. Vorm. abw. bew. u. schw. W., dann st. W. Nachm. St. u. S. bis Mn.
10. Abw. bew. Nachm. kl., ebenso Ab.
11. Fr. Frst. u. bew. Von M. ab ver. N. schw. R.
12. Bis Nachm. bew., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
13. Fr. Frst., bis Vorm. 9 U. nb., dann kl. bis Nachm., dann ver.
14. Bis Vorm. 9 U. bew., hierauf R. u. S. bis in d. N.
15. Bis M. ver. Von da ab kl.
16. Fr. Frst. Vorm. bew. Am Tage ver. Ab. u. N. kl.
17. Fr. Frst. Vorm. bew. Am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
18. Fr. Frst. u. kl. bis M., dann bew.
19. Bis Nachm. nb. u. schw. W., dann schw. R.
20. Bis Nachm. 2 U. bew., dann ver., N. bew. u. mst. W.
21. Bew. Ab. u. N. schw. R. u. S.
22. Fr. nb., dann bew.
23. Fr. bew. Vorm. bis Nachm. ver., dann abw. bew.
24. Bis Nachm. nb., dann ver. Ab. u. N. kl.
25. Bis 8 U. Vorm. kl., dann abw. bew.
26. Ver. Ab. u. N. kl.
27. Fr. kl., dann abw. bew.
28. Bis Nachm. nb. u. schw. W. Von 2 U. ab kl.
29. Bis 3 U. Nachm. bew., dann R. bis Ab., hierauf abw. bew.
30. Bis M. bew., dann ver.

Digitized by Google

Dezember.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	-0,98	0,21	-0,19	-0,12	-0,03	1,1	0,9	1,2	1,5
6. — 10.	-6,63	-0,15	-0,48	-0,41	-0,39	0,3	0,2	0,2	0,4
11. — 15.	-9,26	-0,79	-0,81	-0,88	-1,59	0,1	0,4	0,6	2,1
16. — 20.	-5,04	-0,61	-1,40	-2,04	-3,58	0,2	0,5	1,0	1,2
21. — 25.	-5,46	-0,69	-1,62	-2,23	-3,34	0,5	0,8	0,7	1,8
26. — 31.	-0,29	-0,61	-1,37	-1,60	-2,24	0,8	1,6	2,3	4,3
Mittel:	**-4,47**	**-0,44**	**-0,99**	**-1,22**	**-1,87**	**0,50**	**0,73**	**1,00**	**1,92**

Witterung:

1. Bew.
2. Bew.
3. Bew.
4. Fr. nb., sonst bew.
5. S. u. mst. W.
6. Bew.
7. Bis Nachm. 5 U. bew., dann kl.
8. Bis Nachm. 2 U. kl., von da ab nb. u. bew.
9. S. u. st W.
10. Bis Fr. 8 U. S. u. St., dann ver. Nachm. abw. bew. Ab. u. N. kl.
11. Bis Nachm. kl. Nachm. nb. u. st. W. N. S. u. st. W.
12. Bis Ab. bew. u. mst. W. Ab. ver. N. kl.
13. Bis M. th. kl. th. nb., dann kl.
14. Bis Nachm. abw. bew. u. nb., dann ver.
15. Bis 10 U. Vorm. ver., dann mst. W. u. S. Nachm. St. N. abw. bew. u. r.
16. Bis Nachm. 4 U. abw. bew., dann kl. u. schw. W. N. abw. bew. u. r.
17. Bis Nachm. nb. u. abw. S., dann St. u. S.
18. Bis M. bew. u. st. W., dann ver. Ab. u. N. kl.
19. Bis Nachm. kl. Nachm. bew. Von 5 U. ab st. W. u. S. N. ver.
20. Bis M. bew., dann S. bis N.
21. Bis M. S., dann ver.
22. Bis M. ver., dann mst. W. Ab. u. N. r. u. kl.
23. Bis M. abw. bew., dann S. bis N.
24. Bis Vorm. 10 U. abw. S., dann bew. Ab. u. N. kl.
25. Bis M. kl., dann bis Ab. thlw. bew. N. kl.
26. Bis M. nb. Von da ab schw. R. N. ver.
27. Nb. u. thlw. R. bis Ab., dann ver.
28. Bew. bis Ab., dann kl.
29. Bis 9 U. Vorm. kl., dann thlw. bew. N. kl.
30. Bis M. kl. Nachm. ver. Von 3½ U. ab R. N. abw. R.
31. Bis Nachm. 4 U. meist bew., dann R. bis Ab. N. abw. bew.

Digitized by Google

Januar.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	3,97	0,75	0,71	0,62	1,03	3,5	3,8	3,5	4,8
6. — 10.	-8,24	-0,14	-0,43	-0,41	-0,76	0,6	0,7	0,6	1,7
11. — 15.	-1,84	-0,43	-0,67	-0,70	-1,74	0,1	0,3	0,2	2,0
16. — 20.	-3,50	-0,94	-1,34	-1,60	-1,57	1,5	2,4	2,7	2,7
21. — 25.	-3,67	-2,39	-3,48	-3,54	-3,47	3,6	5,6	5,9	5,4
26. — 31.	-2,01	-1,53	-1,80	-1,58	-1,37	1,5	1,6	1,2	1,1
Mittel:	-2,53	**-0,80**	**-1,19**	**-1,21**	**-1,32**	**1,80**	**2,40**	**2,35**	**2,95**

Witterung:

1. Fr. bew. Von 11 U. Vorm. ab st. W. N. R. u. St.
2. Bis Nachm. ver. u. st. W. Von 2 U Nachm. ab abw. R.
3. Bis M. bew. Von da ab st. W. Ab. u. N. St.
4. Bis Nachm. 4 U. St. u. ver., dann S. u. schw. W.
5. Bis 8 U. Vorm. bew., dann S. u. st. W. Ab. abw. bew. u. schw. W. N. bew. u. r.
6. Nb.
7. Bis Nachm. 4 U. kl. Von da ab abw. bew. Ab. u. N. bew.
8. Bis 10 U. Vorm. nb. u. st. W., dann kl. u. mst. W.
9. Abw. bew. N. S.
10. Bis 9 U. Vorm. nb., dann kl.
11. Fr. [redacted] Vorm. ver. Nachm. bis Ab. kl. N. bew.
12. Kl. Ab. schw. R. u. S. N. ver.
13. Abw. bew.
14. Fr. S., sonst ver.
15. Bis M. nb., dann abw. R. u. mst. W. N. abw. bew.
16. Bis Nachm. bew. u. mst. W. Von 1 U. Nachm. ab kl.
17. Nb. u. bew.
18. Nb. u. bew.
19. Nb. u. bew.
20. Bis 9 U. Vorm. bew., dann S. bis Nachm. 3 U., dann bew. N. kl.
21. Kl.
22. Bis Nachm. 3½ U. nb., dann schw. R. u. S. Ab. u. N. bew.
23. Bis 11 U. Vorm. nb., dann abw. bew. N. kl.
24. Fr. nb., am Tage abw. bew. Ab. u. N. ver.
25. Abw. bew. Ab. u. N. kl.
26. Nb. u. bew.
27. Nb. u. bew.
28. Nb., am Tage bew.
29. Fr. u. Vorm. nb., sonst bew.
30. Nb. u. bew.
31. Nb. u. bew.

Digitized by Google

Februar.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	0,91	−0,92	−1,08	−0,96	−0,86	1,8	2,0	1,7	1,1
6. — 10.	6,23	1,94	2,77	2,96	3,24	5,9	7,6	7,3	7,5
11. — 15.	2,19	2,08	2,76	3,15	3,74	4,8	5,8	5,9	6,0
16. — 20.	1,60	1,47	1,87	2,21	2,59	4,8	5,5	5,9	5,8
21. — 25.	−1,45	0,18	0,18	0,38	0,46	0,8	2,6	2,8	4,4
26. — 28.	−3,37	−0,03	−0,38	−0,30	−0,22	0,1	0,1	0,0	0,1
Mittel:	1,33	**0,85**	**1,12**	**1,35**	**1,52**	**3,03**	**3,93**	**3,93**	**4,15**

Witterung:

1. Bis Vorm. 9 U. bew., dann schw. S. bis M., dann bew.
2. Bew. Ab. thlw. kl.
3. Fr. nb., dann abw. bew. Nachm. u. Ab. R. N. ver.
4. Abw. bew. u. schw. R.
5. Bis Nachm. nb., dann bew. N. abw. schw. R.
6. Bis M. bew. u. ver., dann bis 5 U. Nachm. kl., später thlw. bew. N. kl.
7. Kl. u. schw. Wind. N. abw. bew.
8. Bis 9 U. Vorm. ver., dann bew. u. St. Nachm. st. W. u. abw. bew. N. r.
9. Ver.
10. Bis 10 U. Vorm. bew. u. nb., dann abw. bew. Ab. bew. N. thlw. bew.
11. Fr. thlw. bew. Vorm. nb. u. bew. Von M. ab R.
12. Ver. Ab. R. N. abw. bew.
13. Bew. N. thlw. bew.
14. Bew.
15. Fr. nb., sonst bew.
16. Abw. bew. Ab. R. N. ver.
17. Bis Nachm. 2 U. ver., dann mst. W. Ab. bew. N. thlw. bew.
18. Fr. R. Bis M. ver. u. mst. W., dann St. u. S. N. thlw. kl.
19. St. W. u. abw. S. N. thlw. kl.
20. Bis Nachm. nb., dann abw. S. u. mst. W. N. St. u. S.
21. Ver. u. mst. W. Ab. u. N. kl.
22. Bis 8½ U. Vorm. kl., dann bew. u. thlw. S. Ab. u. N. thlw. kl.
23. Fr. S. u. schw. W. Am Tage st. W. u. S. N. St.
24. Abw. bew. Ab. kl. N. bew.
25. Fr. bew. u. S. u. st. W. Nachm. St. u. S. Ab. ver. N. thlw. S.
26. Bew. u. abw. S. u. mst. W. N. ohne S.
27. Ver. Ab. u. N. thlw. kl.
28. Bis M. abw. bew., dann meist kl. Von 5 U. Nachm. ab bew.

Digitized by Google

März.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	-0,30	-0,10	-0,39	-0,11	0,01	0,0	0,1	1,1	0,9
6. — 10.	3,01	2,51	3,71	5,21	5,29	6,4	9,3	11,1	10,6
11. — 15.	0,96	1,79	2,06	2,81	3,70	5,4	7,1	8,2	8,8
16. — 20.	5,81	3,97	4,44	5,39	5,12	9,3	11,7	12,6	10,5
21. — 25.	2,05	3,32	4,01	4,41	4,53	7,1	8,8	9,4	8,5
26. — 31.	5,10	4,00	4,12	4,09	3,83	10,2	12,1	12,2	10,4
Mittel:	2,85	2,62	3,02	3,65	3,74	6,40	8,18	9,10	8,28

Witterung:

1. Fr. bew. u. abw. S. u. mst. W., sonst ver. Ab. u. N. abw. S.
2. Bis 10 U. Vorm. S., dann bew. bis Nachm. 4 U., von da ab abw. bew.
3. Fr. S. u. bew. bis M., dann abw. bew.
4. Fr. bew., am Tage abw. bew. Ab. ver. N. kl.
5. Fr. nb. thlw. kl., am Tage ver. Ab. bew. N. thlw. kl.
6. Fr. u. Vorm. nb. abw. bew. Nachm. ver. Ab. bew. u. schw. R. N. ver.
7. Bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann kl.
8. Fr. nb., sonst kl.
9. Vorm. nb., sonst kl.
10. Bis M. kl., dann thlw. bew. u. schw. W.
11. Bis 11 U. Vorm. bew., dann St. Nachm. R. Ab. u. N. bew.
12. Bew. u. mst. W. Ab. St. N. St. u. S.
13. Ver. u. st. W. Ab. u. N. St. u. S.
14. Fr. u. Vorm. St. u. S. Nachm. ver. Ab. u. N. kl.
15. Fr. bew., dann meist kl. N. ver.
16. Bis M. ver. u. st. W. Nachm. abw. st. W. Ab. abw. bew. u. r. N. ebenso.
17. Bew. u. mst. W. Vorm. schw. R. Ab. u. N. bew. u. r.
18. Fr. nb., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
19. Kl. u. schw. W.
20. Bis 9 U. Vorm. nb., dann kl.
21. Bis 10 U. Vorm. nb., dann bew.
22. Bis M. nb., dann bew. Ab. u. N. ver.
23. Bis 10 U. Vorm. nb., dann bew. u. mst. W.
24. Bew. u. mst. W.
25. Bew. u. schw. W.
26. Bis 8 U. Vorm. S. u. st. W., dann bew. u. r. N. abw. bew.
27. Fr. nb., sonst bew.
28. Bis 11 U. Vorm. nb., dann bew. Nachm. schw. W. N. ver. u. r.
29. Bis Nachm. bew., dann abw. bew. Ab. u. N. bew.
30. Fr. bew. u schw. R. Bis Nachm. bew., dann ver.
31. Bis M. bew., dann abw. bew. Von M. ab Föhn-W.

Digitized by Google

Zusammenstellung der Monatsmittel.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
Mai 1878	14,76	15,01	**15,40**	**15,40**	15,06	10,12	11,93	**12,78**	12,10
Juni »	17,81	17,99	**18,36**	**18,36**	18,09	10,43	12,25	**12,68**	12,22
Juli »	17,91	18,01	**18,16**	**18,16**	18,13	10,17	11,52	**11,98**	11,43
August »	17,91	17,98	18,23	18,23	**18,27**	9,37	10,55	**11,47**	11,50
September »	14,81	14,93	15,19	15,19	**15,46**	7,97	9,55	**10,35**	9,97
Oktober »	10,06	10,22	10,67	10,67	**11,16**	7,22	8,62	9,55	**10,10**
November »	0,73	0,73	1,08	1,08	**1,51**	1,82	2,33	3,58	**4,15**
Dezember »	**-0,44**	-0,99	-1,22	-1,22	-1,87	0,50	0,73	1,00	**1,92**
Januar 1879	**-0,80**	-1,19	-1,21	-1,21	-1,32	1,80	2,40	2,35	**2,95**
Februar »	0,85	1,12	1,35	1,35	**1,52**	3,03	3,93	3,93	**4,15**
März »	2,62	3,02	3,65	3,65	**3,74**	6,40	8,18	**9,10**	8,28

In den Monaten Januar bis März wurden einige Beobachtungen über das Abschmelzen des Schnees angestellt, welche Folgendes ergaben. Anfang des Monats waren alle Flächen mit Schnee bedeckt. Bei 48° Neigung schmolz der Schnee am 7. und 8. Januar vollständig ab. Diese Fläche wurde am 10. früh wieder beschneit. Weiterhin war die vorhandene Schneedecke vollständig abgeschmolzen bei einer Neigung der Fläche von

48° am 12. Januar
32° „ 16. „
16° „ 23. „
0° „ 25. „

Am 22. und 23. Februar bildete sich wieder auf allen Kästen eine Schneedecke, welche bis zum 3. März liegen blieb und dann in folgender Reihe verschwand:

bei einer Neigung der Fläche von

48 und 32° am 3. März
16° „ 5. „
0° „ 7. „

Digitized by Google

Versuch II. (1879/80.)

Lehmboden. Bodentemperatur in der obersten Schicht und in 15 cm Tiefe.

April 1879.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur								Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Oberfläche				In 15 cm Tiefe							
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°		16°	32°	48°
1.— 5.	7,49	7,01	7,47	7,67	7,89	7,19	7,55	8,07	8,40	7,7	9,2	10,4	9,5
6.—10.	8,65	9,19	10,44	11,17	11,44	8,57	9,38	10,68	10,84	8,4	9,7	12,0	10,8
11.—15.	3,50	5,46	5,59	5,89	5,77	5,94	5,39	5,61	5,71	6,1	7,1	7,9	7,6
16.—20.	4,65	5,88	6,16	6,56	6,59	5,95	5,60	5,83	6,06	8,1	9,0	9,6	9,0
21.—25.	7,87	9,11	9,84	10,39	10,47	8,71	9,19	10,07	10,19	5,5	5,2	5,6	4,9
26.—30.	6,02	8,75	8,90	8,96	8,77	8,76	8,57	8,81	8,68	5,5	6,3	7,2	6,6
Mittel:	6,36	**7,57**	**8,09**	**8,44**	**8,50**	**7,52**	**7,62**	**8,18**	**8,31**	**6,88**	**7,75**	**8,78**	**8,07**

Witterung:

1. Fr. bis Nachm. bew., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
2. Fr. bew. u. ver. Nachm. ver. u. st. W., ebenso Ab. u. N.
3. Fr. bew. u. st. W. Vorm. bis M. R., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. w. u. r.
4. Fr. bis Ab. bew., ebenso N.
5. Fr. Rf. u. bew. Nachm. abw. bew. N. kl.
6. Fr. Rf. Am Tage schw. bew. u. ver. W.
7. Thlw. bew. Ab. u. N. r. u. ver.
8. Fr. ver. Vorm. bew. u. st. W., sonst thlw. bew. u. st. W. Ab. u. N. ver.
9. Vorm. mst. W. u. bew. Nachm. r. u. thlw. bew. N. schw. R.
10. Vorm. st. R. M. schw. R. Nachm. bew. u. mst. W., ebenso Ab. u. N.
11. Vorm. nb. u. schw. W. M. bis Ab. bew. u. schw. W. N. schw. R.
12. Vorm. nb. u. schw. W. Nachm. schw. R. Von 4 U. ab st. W. u. S. N. bew.
13. Vorm. bew. u. st. W. Von M. ab thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl.
14. Am Tage mst. W. u. kl. Ab. bew.
15. Bew., thlw. Sonnenschein.
16. Mg. bis 10 U. Vorm. R. u. mst. W. von da ab ver. bis Ab. N. st. W. u. R.
17. R. u. st. W. Ab. r. u. bew., ebenso N.
18. Mg. bis Nachm. R. S. u. st. W., dann bew. u. thlw. R. Ab. u. N. bew. u. mst. W.
19. Mg. bis Nachm. bew. u. st. W., dann ver. Ab. u. N. kl.
20. Fr. Rf., sonst kl. u. mst. W.
21. Ver. u. bew. Ab. u. N. schw. R.
22. Abw. bew. u. schw. W. Nachm. st. W. u. R. Ab. ver. N. kl.
23. Schw. W. u. ver. Nachm. u. Ab. bew. N. kl.
24. Abw. bew. N. meist kl.
25. Mg. u. Fr. bew. u. mst. W. u. schw. R. bis M. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. st. R. N. abw. R. u. bew.
26. Mg. u. Fr. bew. u. abw. R. M. u. Nachm. bew. Ab. R.
27. Thlw. bew.
28. Fr. bew. bis 10 U.. dann bis Nachm. abw. R., ebenso Ab. N. ver.
29. Bew. u. mst. W.
30. Fr. R. u. S., dann bis Nachm. schw. R. Ab. u. N. abw. bew.

Digitized by Google

Mai.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur								Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Oberfläche				In 15 cm Tiefe							
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°		16°	32°	48°
1.— 5.	3,98	6,74	6,96	7,29	6,87	6,28	6,01	6,21	6,08	4,7	5,0	5,1	4,6
6.—10.	6,49	8,67	8,87	9,00	8,83	8,64	8,58	8,88	8,75	6,0	6,1	7,1	6,9
11.—15.	7,06	9,36	9,48	9,96	9,75	7,97	7,71	8,31	8,10	8,6	9,9	11,5	10,3
16.—20.	9,07	11,83	12,09	12,41	11,83	10,27	10,31	10,79	10,47	7,7	9,1	10,2	9,2
21.—25.	13,02	16,15	17,24	17,64	16,94	14,69	15,55	16,40	15,84	5,9	7,0	8,1	7,2
26.—31.	13,50	16,02	16,67	16,57	16,02	17,88	18,25	18,60	18,41	8,4	10,2	10,4	9,8
Mittel:	9,00	**11,61**	**12,04**	**12,29**	**11,85**	**11,18**	**11,30**	**11,76**	**11,50**	**6,88**	**7,88**	**8,73**	**8,00**

Witterung:

1. Th. bew. Ab. u. N. kl.
2. Fr. Rf. Vorm. bis Ab. thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
3. Bew. u. ver. schw. W. Ab. bew. u. r.
4. Mg. bew. Vorm. R. bis zur N.
5. Fr. R. Vorm. bew. u. schw. W. bis Ab., dann r. u. ver.
6. Vorm. bew. Nachm. thlw. bew. Ab. u. N. kl.
7. Fr. bew. u. nb. Vorm. bis Nachm. bew., dann R. u. st. W.
8. Fr. abw. R., sonst bew. u. schw. W.
9. Vorm. abw. bew., dann thlw. bew. Ab. G.-R. bis Mn.
10. Fr. st. W. u. thlw. R. Von 8 U. Vorm. ab S.
11. Vorm. abw. bew. Von 10 U. Vorm. ab bew. Ab. u. N. thlw. bew.
12. Vorm. bew. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew.
13. Thlw. bew. u. schw. W.
14. Kl., am Tage einige Wolken. Ab. kl. N. thlw. bew.
15. Thlw. bew. u. schw. W. Nachm. schw. R. Ab. u. N. abw. R.
16. Vorm. R., dann bew. N. schw. R.
17. Fr. schw. R., sonst mst. W. u. R.
18. Vorm. schw. W. u. R. M. st. R. u. schw. W. Ab. thlw. bew., ebenso N.
19. Meist kl. Ab. schw. G.-R., dann bew.
20. Kl.
21. Fr. bew. u. mst. W. Vorm. bew., dann kl. u. G. Ab. schw. G.-R., dann bew.
22. Fr. bew., dann kl. Nachm. v. 3½ U. ab G.-R.. dann bew. Ab. u. N. kl.
23. Fr. bew. M. u. Nachm. kl. Ab. G. u. bew. N. thlw. bew.
24. Fr. nb. u. st. W. Nachm. bew. u. st. W. Ab. u. N. ver.
25. Fr. nb. Vorm. bew. Nachm. thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. r. u. bew.
26. Fr. nb. u. schw. W., sonst bew.
27. Fr. bis Nachm. thlw. bew. Nachm. 3 U. G.-R. mit H. u. mst. W., dann bew. Ab. G.-R. N. ver.
28. Thlw. bew. u. st. W.
29. Fr. bew. u. St. Vorm. R. u. st. W. dann bew. Nachm. r. u. thlw. bew. N. kl.
30. Fr. kl., sonst bew. u. schw. W. Ab. kl. N. bew.
31. Fr. schw. R. u. schw. W. bis 10 U., sonst bew. Ab. u. N. ver.

Digitized by Google

Juni.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur Oberfläche Ebene	Oberfläche Neigung der Fläche 16°	Oberfläche Neigung der Fläche 32°	Oberfläche Neigung der Fläche 48°	In 15 cm Tiefe Ebene	In 15 cm Tiefe Neigung der Fläche 16°	In 15 cm Tiefe Neigung der Fläche 32°	In 15 cm Tiefe Neigung der Fläche 48°	Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe Ebene	Neigung der Fläche 16°	Neigung der Fläche 32°	Neigung der Fläche 48°
1. — 5.	14,89	17,04	17,36	17,07	16,54	16,21	16,39	16,29	16,13	5,2	6,8	6,9	6,3
6. — 10.	15,95	20,25	20,52	20,31	19,69	18,55	18,78	18,86	18,69	6,9	7,3	8,1	6,8
11. — 15.	14,38	19,01	19,03	18,80	18,18	17,04	17,10	17,12	17,04	11,2	11,9	11,9	10,3
16. — 20.	15,23	19,47	19,62	19,59	18,56	16,90	16,98	17,18	16,87	10,4	11,6	12,2	10,7
21. — 25.	16,48	20,25	20,65	20,64	19,96	19,30	19,70	20,04	19,85	6,7	7,2	7,7	6,4
26. — 30.	19,58	22,59	22,65	22,93	21,82	20,40	20,39	20,90	20,58	15,0	16,1	16,8	16,0
Mittel:	16,09	19,77	19,97	19,89	19,12	18,07	18,22	18,40	18,19	9,23	10,15	10,60	9,42

Witterung:

1. Bew. bis Nachm., um 4 U. st. G.-R. bis 7 U., dann bew. u. schw. W.
2. Mst. W. u. thlw. bew.
3. Thlw. bew. u. schw. W. Von Nachm. 4 U. ab st. W. Ab. R. N. kl.
4. Fr. thlw. bew. u. mst. W., dann bew. u. st. W.
5. Fr. schw. R., sonst thlw. bew. u. schw. W.
6. Fr. bew., dann G. u. st. W., sonst st. W. u. thlw. R.
7. Kl. u. mst. W.
8. Meist kl., einige G. mit schw. R.
9. Bis M. bew. u. schw. W., dann thlw. bew. Von 5 U. Nachm. ab bew. u. mst. W., dann bew. N. thlw. bew.
10. Kl. Nachm. G. um 4½ U. schw. G.-R. Ab. thlw. bew. N. kl.
11. Kl. u. schw. W.
12. Vorm. kl. M. G.-R. mit H. u. st. W. Nachm. thlw. R. u. mst. W. Ab. bew.
13. St. W. u. bew. Vorm. G.-R., ebenso Ab., dann thlw. bew. u. st. W.
14. Thlw. bew. u. st. W., einige G.
15. Kl. u. mst. W.
16. Meist kl. Ab. st. G.-R. u. St., ebenso N.
17. Fr. bew. Vorm. schw. R., dann ver. u. st. W. Ab. G.
18. Bew. u. mst. W.
19. Fr. bis M. bew. u. st. W., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
20. Kl. u. schw. W.
21. Thlw. bew. Von Nachm. ab kl.
22. Kl. u. schw. W. Von 6—8 U. Ab. schw. G.-R., dann bew.
23. Thlw. bew. u. mst. W. Ab. 8 U. bew. N. R. u. st. W.
24. Thlw. bew. u. mst. W. Von Nachm. 4½ U. ab G. N. st. R. u. st. W.
25. Vorm. bew. M. st. R. bis Nachm. 4 U., dann schw. R. Ab. bew
26. Fr. bew. u. St., dann thlw. bew. Ab. u. N. thlw. bew.
27. Thlw. bew.
28. Meist kl.
29. Thlw. bew. u. schw. W. Ab. 7 U. G. Um 9 U. St., dann st. G.-R.
30. Bew. u. mst. W.

Digitized by Google

Juli.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Oberfläche				In 15 cm Tiefe								
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			
			16°	32°	48°		16°	32°	48°		16°	32°	48°	
1. — 5.	14,30	16,95	16,99	16,77	16,30	16,07	16,17	16,28	16,36	10,7	11,8	12,5	11,4	
6. — 10.	13,02	14,84	14,74	14,68	14,10	13,97	13,75	13,88	13,65	7,3	8,7	9,2	8,3	
11. — 15.	12,52	15,60	15,61	15,57	14,79	14,06	14,06	14,39	13,90	7,4	9,0	10,0	9,1	
16. — 20.	15,60	19,84	20,04	20,10	19,20	17,70	17,67	17,95	17,51	11,1	13,0	13,6	13,1	
21. — 25.	14,87	16,97	17,04	16,94	16,67	16,95	16,52	16,55	16,46	7,2	8,4	8,8	8,1	
26. — 31.	17,20	21,75	22,23	22,39	21,83	19,56	20,01	20,37	20,22	9,6	10,8	12,2	11,2	
Mittel:	14,67	17,79	17,92	17,89	17,30	16,49	16,48	16,69	16,48	8,88	10,28	11,05	10,20	

Witterung:

1. Meist kl. u. st. W. Ab. 10 U. G.-R. u. st. W.
2. Bew. u. St. Von 10 U. Vorm. ab st. R. u. St. N. thlw. bew.
3. Vorm. etw. bew. Nachm. st. bew. u. mst. W. .
4. Bew. fr. mst. Nachm. schw. W.
5. Bew. u. mst. W. Nachm. st. R. Ab. ver. u. mst. W.
6. Fr. mst. W. u. R. Vorm. st. W. Nachm. schw. W. u. R. Ab. u. N. thlw. bew.
7. Bew. u. mst. W. u. schw. R.
8. Thlw. bew. Ab. G. Von 7 U. ab st. R. u. W. N. G.-R.
9. Fr. R., sonst bew. u. mst. W.
10. Bew. u. St. schw. G.-R.
11. Bew. u. st. W. mst. G.-R.
12. Vorm. mst. W. u. bew. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. kl. N. bew.
13. St. W. u. bew. bis M., dann bew. u. schw. W. Nachm. G. Ab. u. N. G.-R. u. st. W.
14. Vorm. u. Nachm. bew. u. schw. W. u. R. Ab. kl. N. thlw. bew.
15. Fr. bew. Vorm. u. M. R., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
16. Bew. u. st. W., thlw. R. Ab. u. N. kl. u. r.
17. Thlw. bew. u. schw. W. Ab. st. W.
18. Bew. u. mst. W.
19. Thlw. bew. u. schw. W.
20. Bew. u. mst. W., während des Tags G. N. G.-R. u. st. W.
21. Fr. bew. u. st. W., thlw. bew. bis Nachm. 4 U., dann bew. u. st. W. N. thlw. bew.
22. Vorm. bew. u. st. W. Nachm. St. u. um 5½ U. schw. R. Ab. u. N. ver.
23. Bew. u. st. W., thlw. R.
24. Vorm. u. M. bew. u. st. W., dann thlw. bew. u. st. W. Ab. kl.
25. Fr. abw. bew. u. mst. W. Ab. kl.
26. Kl. u. schw. W. Ab. G.
27. Fr. G.-R. Am Tage thlw. R. Ab. u. N. abw. bew.
28. Abw. bew. u. schw. W. N. kl.
29. Kl. u. schw. W.
30. Fr. kl. u. r. Nachm. abw. bew. u. sch. W. Ab. kl. u. r.
31. Thlw. bew. u. r.

Digitized by Google

August.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur: Oberfläche				Bodentemperatur: In 15 cm Tiefe				Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	22,28	26,91	27,60	27,63	27,25	24,44	25,38	25,79	25,74	8,9	8,8	8,9	7,8
6. — 10.	16,29	17,64	17,94	17,61	17,51	18,85	18,62	18,69	18,68	6,8	7,8	8,4	8,2
11. — 15.	15,65	21,21	21,94	22,43	21,76	18,64	19,38	19,70	19,67	10,4	11,9	12,5	11,5
16. — 20.	15,22	17,29	17,25	17,11	16,86	17,29	17,26	17,30	17,31	7,6	8,6	9,2	8,6
21. — 25.	18,60	20,97	21,97	22,33	22,03	19,85	20,71	21,26	21,30	7,0	9,2	10,2	9,8
26. — 31.	19,35	21,48	22,41	22,98	23,57	20,07	20,77	21,35	21,53	9,8	10,6	11,4	11,8
Mittel:	17,95	**20,93**	**21,55**	**21,72**	**21,56**	**19,87**	**20,37**	**20,70**	**20,73**	**8,42**	**9,48**	**10,10**	**9,62**

Witterung:

1. Abw. bew. u. mst. W.
2. Kl. u. schw. W.
3. Kl. u. schw. (M. mst.) W. Ab. bew.
4. Fr. kl. u. r. Vorm. st. W. Nachm. bis N. bew. u. mst. W.
5. Fr. bew. u. etwas R., dann abw. bew. Nachm. u. N. kl.
6. Bew. u. schw. W. Nachm. st. G.-R. u. st. W. Ab. schw. R. u. r. Ab. thlw. bew.
7. Fr. schw. W. u. schw. R., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. r.
8. Fr. bew., sonst abw. bew. N. bew. u. schw. R.
9. Fr. schw. R. Am Tage thlw. st. R. u. st. W. N. bew.
10. Bew. u. schw. W.
11. Kl. u. schw. W.
12. Kl. u. schw. W.
13. Kl. u. schw. W. Ab. r.
14. Kl. Nachm. mst. W.
15. Kl. u. mst. W.
16. Fr. kl. u. r., dann thlw. bew. Nachm. 2 U. G., um 3 U. G.-R. u. mst. W. Ab. schw. R., dann bew.
17. Fr. bew. u. schw. R., sonst bew. u. schw. W.
18. Bew. u. mst. W.
19. Abw. st. u. schw. R., meist mst. W.
20. Vorm. bew. Mittag thlw. bew. N. kl.
21. Kl. u. schw. W.
22. Thlw. bew. u. mst. W. Nachm. bew. u. G. Ab. st. G.-R. u. St., dann mst. R.
23. Abw. bew., gegen Ab. r. Ab. kl.
24. Fr. thlw. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. bew. N. kl.
25. Thlw. bew. u. schw. W.
26. Vorm. thlw. bew. Nachm. bew. u. G. Ab. St. u. schw. R., dann bew.
27. Mst. W. u. thlw. bew. Nachm. u. Ab. bew. u. schw. W. Ab. r. thlw. bew.
28. Fr. u. Vorm. bew. u. schw. W. Nachm. kl. u. st. W. Ab. kl. u. schw. W.
29. Kl. u. schw. W. Ab. r.
30. Fr. kl. M. u. Nachm. thlw. bew. u. schw. W.
31. Fr. nb. u. r., dann bew. u. schw. W. Ab. $8^3/_4$ U. G.-R. bis Mn.

Digitized by Google

September.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Oberfläche				In 15 cm Tiefe								
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche				Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°			16°	32°	48°
1. — 5.	15,20	18,66	19,49	20,12	20,52	17,88	18,45	19,15	19,35		9,2	10,4	11,6	11,0
6. — 10.	15,18	17,79	18,42	18,83	19,40	17,99	18,47	18,96	19,32		10,4	12,6	14,1	13,9
11. — 15.	13,60	16,04	17,29	18,36	19,28	14,76	15,62	16,44	17,24		10,2	12,3	13,9	13,6
16. — 20.	16,06	17,99	18,87	19,39	19,87	17,65	18,42	19,25	19,73		6,0	7,4	8,4	8,6
21. — 25.	12,52	13,84	14,16	14,18	14,37	14,52	14,58	14,82	15,15		4,8	4,9	5,4	5,5
26. — 30.	7,89	9,19	9,21	9,38	9,30	9,82	9,55	9,43	9,39		5,2	6,0	6,4	5,9
Mittel:	13,41	15,58	16,24	16,71	17,12	15,44	15,85	16,34	16,69		7,63	8,93	9,97	9,75

Witterung:

1. Bew. u. abw. st. u. schw. R. u. mst. W.
2. Fr. bew. u. st. W., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.
3. Kl. u. schw. W.
4. Kl. u. schw. W. Ab. r.
5. Thlw. bew. fr. u. Ab. schw. W. M. mst. W. Ab. u. N. kl.
6. Fr. nb. kl. u. schw. W. M. st. W. Ab. r. u. bew., um 9½ U. R.
7. Bew. u. schw. W. Ab thlw. bew.
8. Meist. kl. u. schw. W.
9. Bew. Vorm. st. W. u. st. R. bis 6 U. Ab., dann schw. R. N. bew. u. st. W.
10. Bew. u. st. W.
11. Bis Nachm. bew. u. schw. W., dann kl.
12. Kl. u. schw. W.
13. Vorm. bew. u. schw. W. Nachm. r. u. kl.
14. Kl. u. r.
15. Kl. fr. r. Nachm. mst. W.
16. Kl. u. schw. W.
17. Fr. nb., dann bis Nachm. kl. u. r. Um 5 U. schw. R., dann bew. u. mst. W.
18. Fr. kl. u. r. Abw. bew. u. schw. W.
19. Thlw. bew. u. schw. W. Fr. u. Ab. r.
20. Fr. bew. Vorm. schw. R., dann bew. N. schw. R., sonst r.
21. Vorm. R. Nachm. abw. R., dann bew.
22. Fr. nb. bew. Nachm. 4 U. R. u. St., dann bew. Ab. R. u. st. W. bis N.
23. Thlw. bew. Nachm. kl. meist r.
24. R. u. thlw. bew.
25. Fr. nb., sonst bew. u. schw. W. Ab. u. N. R.
26. Bew. u. abw. R. u. schw. W.
27. R. u. mst. W. bis Nachm., dann bew. N. kl.
28. Vorm. nb. u. r. bis Ab. bew.
29. Bew. u. schw. W.
30. Bis Nachm. bew. M. st. W. Ab. r. u. thlw. bew. N. kl.

Digitized by Google

Oktober.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur								Temperaturschwankungen in 15 cm Tiefe			
		Oberfläche				In 15 cm Tiefe							
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	10,50	11,32	11,93	12,83	13,49	12,18	12,80	13,69	14,29	6,3	7,8	9,8	10,0
6. — 10.	6,98	8,37	9,06	10,00	10,35	9,27	9,58	10,47	10,82	4,5	5,2	5,8	5,7
11. — 15.	7,55	8,48	9,03	9,40	9,72	9,22	9,54	9,86	10,29	5,2	7,4	8,8	9,0
16. — 20.	4,76	4,58	4,55	4,52	4,73	5,46	5,06	4,86	5,11	7,5	9,3	9,7	9,6
21. — 25.	4,18	4,26	4,58	5,03	5,86	5,92	5,82	5,99	6,61	4,6	6,1	7,1	7,3
26. — 31.	3,86	4,37	4,41	4,51	4,73	6,27	6,09	6,25	6,69	3,0	4,1	5,5	5,8
Mittel:	6,23	6,82	7,17	7,61	8,04	7,99	8,08	8,44	8,89	5,18	6,65	7,78	7,90

Witterung:

1. Kl., am Tage thlw. bew.
2. Bis Nachm. 4 U. schw. bew., dann ver.
3. Fr. R., am Tage ver.
4. Abw. bew. Ab. u. N. kl.
5. Bis M. nb., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
6. Bis M. nb., dann thlw. bew. N. kl.
7. Bis Vorm. 10 U. nb., dann schw. bew. Ab. u. N. kl.
8. Fr. Rf., dann kl. Von 10 U. Vorm. ab bew. Ab. u. N. ebenso.
9. Bis 9 U. Vorm. ver., dann kl.
10. Fr. Rf. u. nb., am Tage schw. bew. u. schw. W. Ab. schw. R. N. bew.
11. Ver. N. bew.
12. Bew. u. mst. W.
13. Fr. nb., dann abw. bew. Von Nachm. 2 U. ab kl.
14. Bis M. nb. u. mst. W., dann thlw. bew. u. r. Von 4½ U. Nachm. ab kl.
15. Bis 8 U. Vorm. nb. u. st. W., dann R. bis Nachm. 3 U., dann schw. R. u. schw. W. N. bew. u. mst. W.
16. Bis 8½ U. Vorm. bew. u. mst. W., dann bew. u. thlw. S. N. bew. u. r.
17. Bis Nachm. 2 U. ver., dann thlw. bew. Ab. kl. N. bew. u. St.
18. Fr. St. u. R., am Tage abw. R. u. St. Ab. u. N. bew. u. St.
19. Abw. R. u. St.
20. Bis Nachm. 4 U. St. u. bew., dann R. u. st. W.
21. Bew. u. st. W. Um 12½ M. schw. R., dann bew. u. mst. W. N. abw. R.
22. Fr. kl. u. schw. W. Von 9 U. Vorm. ab bew. u. st. W. u. thlw. R. Ab. u. N. abw. bew.
23. Fr. kl. u. Rf. Von 10 U. Vorm. ab thlw. bew. Von 1—2 U. M. st. W., dann kl. u. r. Ab. u. N. bew.
24. Bis M. schw. bew., dann kl. Von 1 bis 4 Nachm. mst. W., dann r.
25. Fr. Rf. u. nb. Bis M. nb., dann kl.
26. Fr. Rf., dann kl. u. schw. W. bis Nachm. 5 U., dann nb. N. bew.
27. Nb.
28. Nb. u. schw. W.
29. Bis Nachm. 4 U. nb. u. schw. W., dann thlw. bew. N. bew.
30. Nb. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
31. Bis Vorm. 10 U. nb. u. schw. W., dann bew. u. schw. W. N. r.

Digitized by Google

November.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	2,48	3,52	3,09	2,99	3,36	6,0	7,2	7,6	7,6
5. — 10.	1,99	2,87	2,97	3,22	3,87	3,0	2,9	3,5	4,0
11. — 15.	-0,30	2,04	1,51	1,38	1,73	3,5	3,4	4,0	4,7
16. — 20.	-2,21	0,41	-0,01	-0,39	-0,26	0,1	0,1	0,1	0,1
21. — 25.	-1,38	0,14	-0,16	-0,65	-0,50	0,1	0,2	0,3	0,2
26. — 30.	-8,69	-0,34	-1,33	-2,83	-2,86	1,5	3,6	5,7	6,4
Mittel:	-1,35	**1,44**	**1,01**	**0,62**	**0,89**	**2,37**	**2,90**	**3,53**	**3,83**

Witterung:

1. Bis 11 U. Vorm. bew., dann abw. bew. Ab. bew. N. ebenso.
2. Bis Nachm. bew. u. thlw. R., dann R. u. S. Ab. u. N. ausserd. mst. W.
3. Bis Nachm. S. u. bew., dann bew. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. st. W.
4. Bew. u. st. W. Ab. u. N. bew. u. r.
5. Bis M. bew., dann ver. u. mst. W.
6. Bis Nachm. 5 U. ver. u. st. W., dann R. u. st. W.
7. Bis 8 U. Vorm. R., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
8. Fr. Frst. u. kl. Nachm. nb. N. kl.
9. Fr. Frst., sonst kl.
10. Fr. Frst., am Tage kl. N. bew.
11. Fr. schw. R., sonst ver. u. st. W. N. St.
12. Fr. ver. u. St., am Tage thlw. R. u. S. Ab. kl. u. St. N. thlw. bew. u. St.
13. S. u. St. Ab. u. N. ver. u. st. W.
14. Fr. ver. u. st. W., sonst. thlw. S. u. st. W.
15. Bis M. nb. Nachm. abw. bew., dann thlw. S. u. st. W.
16. S. u. St.
17. Bis M. ver. u. st. W., dann schw. W.
18. Thlw. R. u. S. u. st. W.
19. Bis M. thlw. S. u. st. W., dann bew. Ab. u. N. S.
20. Ver. Vorm. mst. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
21. Bis 10 U. Vorm. nb., dann bis Nachm. 4 U. kl. Von da ab nb. N. kl.
22. Thlw. kl. u. nb. N. kl.
23. Bis 10 U. Vorm. nb., dann thlw. kl. u. nb. Ab. u. N. kl.
24. Bis 9 U. Vorm. ver. Von da ab bis 2 U. Nachm. R. u. mst. W., dann bew. u. st. W. N. bew. u. r.
25. Fr. nb., dann abw. S. u. mst. W. N. bew. u. r.
26. Bis 11 U. Vorm. bew., dann S. Ab. u. N. bew.
27. Bew., thlw. S. N. kl.
28. Bis M. nb., dann kl. N. thlw. nb.
29. Bis M. nb., dann bew. N. kl.
30. Bis Nachm. 2 U. nb., dann thlw. S.

Digitized by Google

Dezember.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	- 9,86	-1,95	-4,94	- 6,53	- 6,92	1,3	2,3	2,0	2,0
6. — 10.	-12,47	-3,98	-6,40	- 7,63	- 7,95	1,2	2,0	1,8	2,5
11. — 15.	-11,15	-3,98	-6,28	- 7,17	- 7,40	2,4	3,6	3,8	5,2
16. — 20.	-15,19	-6,61	-9,95	-10,21	-12,02	2,5	4,0	3,1	5,4
21. — 25.	-12,78	-6,66	-9,08	- 9,28	-10,42	2,1	2,2	1,6	3,0
26. — 31.	- 5,95	-4,68	-5,83	- 6,16	- 6,55	6,0	8,6	8,8	10,5
Mittel:	-10,99	-4,64	-7,04	-7,78	-8,48	2,58	3,78	3,52	4,77

Witterung:

1. Bis Nachm. nb., dann S.
2. Nb. N. kl.
3. Kl. Ab. nb. N. thlw. kl.
4. Bis Vorm. 10 U. S., dann bew. Ab. u. N. kl.
5. Bis 10 U. Vorm. ver. u. thlw. S., dann St. u. S. bis Nachm. 4 U., dann St. N. kl.
6. Bis Vorm. 9 U. ver. Von da ab S. N. thlw. bew.
7. Nb. Ab. u. N. kl.
8. Theils kl. theils nb. Ab. u. N. kl.
9. Nb.
10. Nb., am Tage thlw. kl. N. kl.
11. Bis M. thlw. kl. u. nb., dann bis Nachm. 4 U. bew. u. mst. W. N. St. u. S.
12. S. u. St.
13. Ver. u. r. Ab. u. N. kl.
14. Bis 10 U. Vorm. nb., dann bis Nachm. 4 U. kl., dann nb. N. kl.
15. Bis M. nb., dann bis 4 U. Nachm. kl. Von da ab nb. N. kl.
16. Bis 9 U. Vorm. nb., sonst kl.
17. Fr. nb., sonst kl.
18. Bis M. nb., dann kl.
19. Fr. st. nb., am Tage schw. bew.
20. Nb. Ab. u. N. kl.
21. Kl.
22. Fr. kl., am Tage thlw. nb. Ab. u. N. kl.
23. Fr. nb., sonst kl.
24. Fr. kl. Vorm. thlw. nb., sonst kl.
25. Bis 8 U. Vorm. kl., dann nb. Von M. ab kl.
26. Nb.
27. Nb. Ab. u. N. kl.
28. Bis Nachm. abw. kl. u. nb. Ab. u. N. ver.
29. Fr. bew. u. schw. W. Am Tage ver. Ab. u. N. st. W. Mn. R.
30. Abw. bew. u. st. W. N. St. u. S.
31. Fr. St. u. thlw. S. Von Nachm. ab bew. u. St. N. abw. R. u. St.

Digitized by Google

Januar 1880.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	2,11	−4,30	−2,70	−2,40	−1,00	0,6	0,5	1,0	0,8
6. — 10.	− 3,42	−1,63	−0,91	−0,42	−0,21	2,1	2,0	0,7	0,3
11. — 15.	− 6,02	−4,65	−4,94	−4,57	−3,25	5,2	5,3	6,1	5,5
16. — 20.	− 9,61	−3,89	−4,82	−5,46	−5,75	3,4	4,7	4,8	5,5
21. — 25.	− 7,46	−4,64	−6,05	−6,86	−6,70	1,9	2,8	2,6	2,9
26. — 31.	−10,11	−5,88	−7,06	−7,31	−7,03	2,6	3,3	2,8	3,1
Mittel:	−5,89	−4,22	−4,50	−4,59	−4,09	2,63	3,10	3,00	3,02

Witterung:

1. St. u. abw. R.
2. Ver. u. mst. W. N. bew. u. mst. W.
3. Bis M. bew. u. mst. W., dann abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.
4. Bis M. thlw. nb. Von da ab kl.
5. Nb.
6. Bis 10 U. Vorm. nb., dann kl.
7. Fr. nb., sonst ver.
8. Nb.
9. Bis M. nb., dann bew.
10. Nb.
11. Nb. u. mst. W. Ab. r. N. kl.
12. Kl. u. schw. W.
13. Nb. Ab. u. N. kl.
14. Bis M. kl., dann thlw. bew. u. nb. N. St. u. S.
15. Thlw. S. u. st. W.
16. Fr. bew. u. abw. S., am Tage meist bew. N. thlw. bew. u. S.
17. Bew., thlw. S.
18. Bis M. nb., dann abw. S. N. kl.
19. Bis M. nb., dann thlw. kl. u. nb. Ab. u. N. kl.
20. Bis M. nb., dann kl. bis Nachm. 3 U., dann bew. N. St. u. S.
21. St. u. abw. S. Ab. bew. N. abw. bew. u. r.
22. Nb. N. kl.
23. Nb. Ab. u. N. kl.
24. Nb.
25. Bis Nachm. nb., dann thlw. kl. N. kl.
26. Bis 10 U. Vorm. nb., dann kl.
27. Bis 9 U. Vorm. nb., dann kl.
28. Bis 9 U. Vorm. nb. Von da ab kl.
29. Fr. nb. bis 9 U. Vorm. Von da ab bis Nachm. 4 U. kl., dann nb.
30. Bis M. nb., dann kl. bis Nachm. 4 U. Von da ab nb.
31. Bis M. nb. Von da ab bis Nachm. 3 U. kl., dann thlw. bew. Ab. u. N. kl.

Digitized by Google

Februar.

Datum	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	−7,82	−6,61	−6,87	−6,54	−5,78	1,4	3,2	4,1	3,1
6. — 10.	−6,06	−5,95	−5,45	−4,81	−3,60	5,0	5,3	4,9	3,2
11. — 15.	−0,39	−1,30	−0,87	−0,80	−0,69	2,2	1,1	1,1	0,7
16. — 20.	2,19	−0,42	−0,23	−0,26	−0,27	0,4	0.4	0,3	0,2
21. — 25.	2,62	0,44	1,55	1,83	1,77	1,2	2,3	3,2	3,4
26. — 29.	1,74	0,52	1,62	1,62	1,75	3,4	4,4	4,7	4,2
Mittel:	−1,39	−2,31	−1,99	−1,60	−1,23	2,27	2,78	3,05	2,47

Witterung:

1. Bis Vorm. 10 U. nb., dann kl.
2. Bis M. nb., dann kl.
3. Bis Vorm. 9 U. nb., dann kl.
4. Bis M. nb., dann thlw. bew. u. nb.
5. Kl. fr. thlw. nb.
6. Kl.
7. Bis M. nb., dann kl.
8. Bis 10 U. Vorm. nb., dann kl.
9. Kl.
10. Thlw. bew.
11. Fr nb., am Tage ver. Ab. u. N. kl.
12. Bis 9 U. Vorm. nb., dann bis 11 U. schw. R., dann ver. N. kl.
13. Bew. u. abw. R. u. S. N. ver.
14. Bis 9 U. Vorm. nb., dann ver. Ab. u. N. kl.
15. Bew. u. nb. Ab. u. N. kl.
16. Fr. nb., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
17. Bew. Ab. u. N. kl.
18. Fr. bew. Von 9 U. Vorm. ab abw. R. bis Nachm. 4 U., dann ver. N. kl.
19. Ver.
20. Fr. ver. Von 9 U. Vorm. ab mst. W. u. abw. R. N. St. u. kl.
21. St. u. abw. bew. bis Nachm. Von da ab kl.
22. Bis 8½ U. bew., dann R. bis Nachm. Von da ab bew. u. abw. R.
23. Bis 8½ U. nb., dann bis M. schw. R. Von da ab abw. R. Ab. u. N. schw. R.
24. Fr. nb., am Tage schw. R. N. R. u. S.
25. Bis 9 U. Vorm. bew., dann R. u. S. bis Nachm. 3 U., dann ver.
26. Ver. u. mst. W. Ab. u. N. St.
27. Bis 8 U. Vorm. S., am Tage abw. S. u. mst. W. Ab. bew. N. thlw. kl.
28. Abw. bew. Ab. u. N. st. W.
29. Bis 10 U. Vorm. ver. u. st. W., dann kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Digitized by Google

März.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
		Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
			16°	32°	48°		16°	32°	48°
1. — 5.	5,98	2,57	4,28	5,49	5,93	4,6	5,0	5,1	4,4
6. — 10.	5,45	5,80	7,67	9,00	9,24	7,4	8,3	7,8	6,6
11. — 15.	2,86	4,14	6,55	8,29	8,96	8,2	10,2	13,6	13,0
16. — 20.	0,92	3,04	4,38	4,97	5,37	4,4	5,0	6,2	4,8
21. — 25.	0,79	3,04	3,71	4,46	4,73	5,0	6,6	8,4	6,9
Mittel:	3,20	**3,72**	**5,32**	**6,44**	**6,85**	**4,93**	**5,85**	**6,85**	**5,95**

Witterung:

1. Kl. Nachm. schw. W. N. kl. u. r.
2. Bis 8 U. Vorm. ver., dann bis 10 U. schw. R., dann auch st. W. Nachm. kl. u. St. Ab. u. N. kl. u. r.
3. Bis 8½ U. Vorm. ver., dann bew.
4. St. u. R. Ab. u. N. st. W. u. schw. R.
5. Bis 10 U. Vorm. mst. W. u. R., dann bew. u. st. W. N. bew. u. schw. W.
6. Bew.
7. Bis 9 U. Vorm. nb., dann bis Nachm. 2 U. bew., dann thlw. bew.
8. Fr. bew. Von 10 U. Vorm. bis Nachm. 3 U. nb., dann abw. bew.
9. Bis Nachm. 2 U. abw. bew. u. st. W., dann kl. u. schw. W. Von 5 U. Nachm. ab r.
10. Kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
11. Bis 4 U. Nachm. thlw. bew. Von da ab st. W. u. bew. Ab. R.
12. Bis M. nb., dann kl. u. st. W.
13. Kl. u. st. W. N. r.
14. Bis Ab. 6 U. kl. u. schw. W. Von da ab bew. N. st. W. u. R.
15. Bis M. bew., dann kl. u. schw. W. N. r.
16. Bis 11 Vorm. nb., dann thlw. bew. bis 4 U. Nachm. Von da ab bew., um 5 U. R. bis N.
17. Bis 9½ U. nb. u. R. Von da ab bis 1 U. Nachm. st. R. u. S., dann bew. Von 4 U. ab thlw. bew. Ab. u. N. kl.
18. Bis 8 U. Vorm. nb., dann bis Nachm. 1 U. kl. Von da ab abw. bew. N. kl.
19. Bis M. nb., dann thlw. bew. Ab. u. N. kl.
20. Ver. u. mst. W. Nachm. S. u. R.
21. Bis M. thlw. bew. u. nb., dann ver. u. schw. W.
22. Thlw. kl., thlw. nb. u. mst. W. N. kl. u. r.
23. Vorm. nb. u. st. W., dann kl. u. st. W. N. kl. u. r.
24. Kl. u. schw. W. N. kl. u. r.
25. Kl.

Digitized by Google

Zusammenstellung der Monatsmittel.

Monat	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
	Ebene	Neigung der Fläche			Ebene	Neigung der Fläche		
		16°	32°	48°		16°	32°	48°
April 1879	7,53	7,62	8,18	**8,31**	6,88	7,75	**8,78**	8,07
Mai »	11,18	11,30	**11,76**	11,50	6,88	7,88	**8,73**	8.00
Juni »	18,07	18,22	**18,40**	18,19	9,23	10,15	**10,60**	9,42
Juli »	16,49	16,48	**16,69**	16,48	8,88	10,28	**11,05**	10,20
August »	19,87	20,37	20,70	**20,73**	8,42	9,48	**10,10**	9,62
September »	15,44	15,85	16,34	**16,69**	7,63	8,93	**9,97**	9,75
Oktober »	7,99	8,08	8,44	**8,89**	5,18	6,65	7,78	**7,90**
November »	**1,44**	1,01	0,62	0,89	2,37	2,90	3,53	**3,83**
Dezember »	**-4,64**	-7,04	-7,78	-8,48	2,58	3,78	3,52	**4,77**
Januar 1880	**-4,22**	-4,50	-4,59	-4,09	2,63	3,10	3,00	**3,02**
Februar »	-2,31	-1,99	-1,60	**-1,23**	2,27	2,78	**3,05**	2,47
März »	3,72	5,32	6,44	**6,85**	4,93	5,85	**6,85**	5,95

Die über den Abgang des Schnees auf den verschieden geneigten Flächen angestellten Beobachtungen lieferten folgende Daten:

Vom 15. November 1879 ab waren alle Flächen mit Schnee bedeckt. Derselbe verging bei einer Neigung des Terrains von

48° am 21. November
32° » 23. »
16° u. 0° » 25. » .

In den beiden folgenden Monaten zeigte die Schneedecke auf den verschiedenen Flächen keine Unterschiede. Im Februar verschwand der Schnee in folgender Weise: bei einer Neigung von

48° am 1. Februar
32° » 3. »
16° » 9. »
0° » 11. »

Digitized by Google

Versuch III. (1881/82.)

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. Humoser Kalksandboden.

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 10°	20°	30°
	April.					**Mai.**			
1.— 5.	3,24	4,38	4,72	4,84	1.— 5.	10,82	12,85	13,22	13,48
6.—10.	4,90	5,93	6,43	6,60	6.—10.	9,01	12,98	13,43	13,71
11.—15.	7,14	9,71	10,34	10,65	11.—15.	6,04	5,86	5,84	5,98
16.—20.	8,46	11,06	11,55	12,00	16.—20.	13,57	14,90	15,17	15,31
21.—25.	4,06	5,23	5,57	5,74	21.—25.	11,74	14,78	14,93	15,21
26.—30.	4,01	4,92	5,17	5,29	26.—31.	13,26	13,78	14,05	14,23
Mittel;	5,30	**6,87**	**7,30**	**7,52**	Mittel:	10,82	**12,56**	**12,81**	**13,02**
	Juni.					**Juli.**			
1.— 5.	15,96	18,54	19,29	19,36	1.— 5.	19,60	21,18	21,48	21,61
6.—10.	9,36	11,11	11,40	11,44	6.—10.	18,24	22,09	22,42	22,74
11.—15.	11,76	10,35	10,70	10,73	11.—15.	19,29	21,06	21,40	21,50
16.—20.	16,89	18,12	18,59	18,66	16.—20.	23,45	25,91	26,20	26,38
21.—25.	20,80	23,00	23,44	23,64	21.—25.	19,07	20,56	20,89	21,08
26.—30.	15,61	17,39	17,77	17,79	26.—31.	16,94	18,28	18,69	18,77
Mittel:	15,06	**16,42**	**16,86**	**16,93**	Mittel:	19,35	**21,41**	**21,74**	**21,91**
	August.					**September.**			
1.— 5.	20,12	22,63	22,83	23,02	1.— 5.	12,87	13,08	13,28	13,42
6.—10.	20,64	23,81	23,96	24,16	6.—10.	13,90	14,50	15,01	15,42
11.—15.	16,14	17,08	17,08	17,06	11.—15.	12,66	13,32	13,85	14,20
16.—20.	15,35	14,76	14,91	15,19	16.—20.	13,35	14,96	15,46	15,88
21.—25.	17,82	19,41	19,54	19,70	21.—25.	8,46	10,71	10,97	11,10
26.—31.	14,30	15,37	15,70	15,93	26.—30.	8,08	9,17	9,47	9,52
Mittel:	18,91	**18,73**	**18,94**	**19,07**	Mittel:	11,55	**12,62**	**13,01**	**13,26**
	Oktober.					**November.**			
1.— 5.	4,87	6,10	6,43	6,42	1.— 5.	0,45	0,76	0,52	0,41
6.—10.	5,69	5,37	5,64	5,69	6.—10.	5,63	6,64	6,65	7,00
11.—15.	7,72	7,88	8,15	8,45	11.—15.	5,91	5,82	5,91	6,08
16.—20.	1,87	2,96	3,28	3,40	16.—20.	3,74	4,02	4,28	4,65
21.—25.	5,38	4,96	5,22	5,33	21.—25.	5,87	5,35	5,68	5,96
26.—31.	0,42	1,97	2,14	2,22	26.—30.	3,64	3,83	3,95	4,07
Mittel:	4,20	**4,78**	**5,04**	**5,15**	Mittel:	4,21	**4,40**	**4,50**	**4,69**

Digitized by Google

Dezember. **Januar 1882.**

Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Datum	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 10°	20°	30°
1.— 5.	2,45	3,23	3,09	2,95	1.— 5.	0,98	−0,80	−0,92	−0,85
6.—10.	0,40	1,22	1,08	0,94	6.—10.	2,59	0,46	−0,17	−0,33
11.—15.	−0,15	0,75	0,43	0,27	11.—15.	−0,98	0,44	−0,12	−0,30
16.—20.	1,12	0,82	0,58	0,46	16.—20.	−4,34	0,04	−0,25	−0,44
21.—25.	1,92	0,98	0,94	0,70	21.—25.	−3,80	−1,29	−1,20	−1,02
26.—31.	−2,65	−0,92	−0,85	−0,44	26.—31.	−2,46	−1,80	−2,35	−2,27
Mittel:	−0,20	**0,95**	**0,82**	**0,77**	Mittel:	−1,37	**−0,53**	**−0,88**	**−0,91**

Februar. **März.**

1.— 5.	−7,90	−4,37	−4,87	−4,69	1.— 5.	3,79	3,89	4,02	4,50
6.—10.	−5,02	−3,80	−4,34	−4,26	6.—10.	6,19	6,60	6,73	7,11
11.—15.	0,59	−1,25	−1,65	−1,36	11.—15.	7,55	10,18	10,46	10,92
16.—20.	1,54	0,42	−0,16	−0,28	16.—20.	9,25	11,42	11,88	12,35
21.—25.	2,36	0,55	0,44	0,42	21.—25.	2,92	5,14	5,34	5,48
26.—28.	6,73	3,83	4,00	5,93	26.—31.	4,60	4,75	4,92	5,01
Mittel:	0,78	**−1,10**	**−1,46**	**−1,18**	Mittel:	5,68	**6,92**	**7,15**	**7,48**

Zusammenstellung der Monatsmittel.

Monat		Bodentemperatur Neigung der Fläche 10°	20°	30°
April	1881	6,87	7,30	**7,52**
Mai	»	12,56	12,81	**13,02**
Juni	»	16,42	16,86	**16,93**
Juli	»	21,41	21,74	**21,91**
August	»	18,73	18,94	**19,07**
September	»	12,62	13,01	**13,26**
Oktober	»	4,78	5,04	**5,15**
November	»	4,40	4,50	**4,69**
Dezember	»	**0,95**	0,82	0,77
Januar	1882	**−0,53**	−0,88	−0,91
Februar	»	**−1,10**	−1,46	−1,18
März	»	6,92	7,15	**7,48**

Digitized by Google

Die Beobachtungen über den Fortgang des Schnees lieferten keine durchschlagenden Resultate, weil der Winter 1881/82 sehr arm an Schnee war. Nur Anfang Februar machten sich einige bemerkenswerthe Unterschiede bemerklich, indem die am 31. Januar gebildete Schneedecke auf den Flächen von

Neigung			
30°	am	3.	Februar
20°	»	7.	»
10°	»	9.	»

abgeschmolzen war.

B. Die Temperatur des bebauten Bodens.

Behufs Feststellung der Erwärmung des mit einer Pflanzendecke versehenen Erdreiches bei verschiedener Neigung des Terrains wurden 3 Kästen von 0,64 □ Grundfläche und 25 cm Tiefe, sowie von quadratischem Querschnitt mit humosem Kalksand beschickt und im Jahr 1882 mit Grassamen dicht besäet. Die Grasnarbe entwickelte sich in sehr vollkommener Weise. Die Kästen wurden bei 10, 20 und 30° Neigung nach Süden aufgestellt. Zum Vergleich wurden außerdem noch 3 gleichbeschaffene, ebenfalls mit humosem Kalksand beschickte Kästen in genau derselben Weise aufgestellt; die Oberfläche des Bodens blieb jedoch bei diesen im nackten Zustande und wurde von jedem Unkraut frei gehalten. Die 5tägigen resp. 6tägigen Mittel, berechnet aus den früh 7 und Nachmittags 5 Uhr angestelllen Beobachtungen, sowie die Monatsmittel sind aus folgenden Tabellen zu ersehen:

Digitized by Google

Versuch I. (1883.)

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. Humoser Kalksandboden.

April.

Datum	Luft-temperatur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.— 5.	7,12	7,95	9,05	9,30	7,6	8,0	8,4	9,88	10,63	11,00	8,0	9,8	10,6
6.—10.	2,47	3,94	4,30	4,49	6,9	7,6	7,9	4,51	4,77	4,83	8,3	8,6	9,2
11.—15.	3,59	4,07	4,39	4,41	6,4	7,2	7,3	4,38	4,52	4,81	7,6	7,7	8,7
16.—20.	9,08	10,25	10,86	11,18	8,1	8,9	9,7	11,03	11,44	11,81	9,9	10,6	11,4
21.—25.	4,14	5,90	6,45	6,77	4,2	4,6	4,9	6,43	6,57	6,76	4,9	5,0	5,4
26.—30.	8,82	10,72	11,46	11,64	12,1	13,4	13,9	10,93	11,26	11,46	13,3	13,9	15,0
Mittel:	5,84	7,14	7,75	7,96	7,55	8,28	8,68	7,86	8,20	8,44	8,67	9,27	10,05

Witterung:

1. Kl. u. schw. W.
2. Fr. kl., am Tage thlw. bew. u. schw. W.
3. Bis 9 U. Vorm. schw. W., dann r. u. kl.
4. Bis M. kl. Nachm. abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. bew. u. r.
5. Bis 10 U. Vorm. abw. bew. u. r., dann mst. W. u. thlw. bew. Nachm. kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Bis 11 U. Vorm. nb., dann bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann bis Ab. 6 U. bew. Ab. schw. R. N. bew. u. R.
7. Bis 7½ U. Vorm. schw. R. u. S., dann bew. u. schw. S. Ab. abw. bew. N. schw. S.
8. Fr. abw. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. bew.
9. Bew. u. mst. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. schw. W.
10. Bew. u. thlw. schw. R. bis M., dann abw. R. u. S., sowie schw. W.
11. Bew. u. thlw. R. u. S. Ab. u. N. bew.
12. Bis M. bew. Fr. schw. W. Vorm. r. Nachm. abw. bew., dann ver.
13. Fr. nb. Vorm. bew. u. mst. W. Nachm. abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
14. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. ver. u. r.
15. Fr. nb. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
16. Fr. u. Vorm. bew. u. st. W. Nachm. r. u. schw. R., dann bew. u. r. Ab. u. N. R.
17. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.
18. Fr. u. Vorm. kl. M. u. Nachm. st. W. Ab. abw. bew.
19. Fr. nb. bis M. kl. u. r., dann mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
20. Bis 10 U. Vorm. bew., dann abw. bew. Von 3 U. Nachm. ab bew. u. st. W., dann von 5 U. ab schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.
21. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. thlw. bew. u. r. N. kl.
22. Fr. bew., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. thlw. bew. u. r.
23. Fr. nb., dann abw. bew. u. schw. W. Von Nachm. 5½ U. ab. st. W. Ab. kl. u. r.
24. Fr. nb., dann abw. bew. u. mst. W. Von Nachm. 4 U. ab bew. N. R. u. S.
25. Fr. R. u. S., am Tage abw. bew. Ab. r. u. thlw. bew. N. kl.
26. Fr. nb., am Tage meist kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
27. Fr. nb., dann kl. u. schw. W.
28. Meist kl. u. schw. W.
29. Bis M. bew. u. r., dann R. u. mst. W.
30. Bis 7 U. fr. bew. u. mst. W., dann bis M. schw. R. Von da ab abw. schw. R. Ab. u. N. bew. u. r.

Digitized by Google

Mai.

Datum	Luft-temperatur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.— 5.	9,41	10,78	11,27	11,21	7,1	7,8	8,0	10,12	10,34	10,60	8,1	8,8	9,9
6.—10.	12,77	14,69	14,95	15,10	5,8	5,5	5,5	15,15	15,69	15,94	7,5	7,8	8,3
11.—15.	9,95	10,36	10,55	10,73	9,0	9,5	10,1	11,27	11,42	11,34	12,6	13,2	13,8
16.—20.	12,92	14,64	14,94	15,09	9,4	9,7	10,3	15,29	15,65	15,75	10,2	10,6	10,9
21.—25.	13,39	13,41	13,92	14,13	13,2	13,7	14,0	15,11	15,43	15,53	16,3	16,8	17,0
26.—31.	16,63	18,37	18,51	18,82	7,7	8,2	8,7	19,12	19,45	19,46	11,2	11,7	12,3
Mittel:	12,64	13,86	14,17	14,33	8,70	9,07	9,43	14,50	14,82	14,94	10,97	11,48	12,03

Witterung:

1. Fr. bew. u. schw. W., am Tage thlw. bew. Ab. mst. W. N. R. u. mst. W.
2. Ver. u. r. Ab. bew. N. abw. bew.
3. Bis 8 U. Vorm. meist kl. u. schw. W., dann abw. bew. Von 4 U. Nachm. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. R. u. r.
4. Bis Nachm. 4 U. abw. bew, dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Kl. Von Nachm. ab st. W. u. thlw. bew.
6. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
7. Fr. kl. u. schw. W. Vorm. st. W. Nachm. schw. W. Ab. 6¾ U. G.-R. bis 8½ U., dann ver.
8. Thlw. bew. bis Nachm. Gegen Ab. G. Ab. u. N. bew.
9. Thlw. bew. Ab. u. N. bew.
10. Mg. schw. R., dann bew. u. schw. W. Vorm. bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann G. u. St. Ab. schw. R. N. bew.
11. Abw. bew. u. St. Ab. u. N. bew. u. schw. W.
12. Fr. kl. u. mst. W. Von 6½ U. ab bew. u. st. W. bis Ab. Vorm. schw. R. Ab. u. N. R. u. r.
13. Fr. schw. R., dann bew. bis Nachm., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
14. Fr. nb., dann bis M. bew., dann kl.
15. Bis Nachm. 2 U. kl. u. r., dann kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
16. Bis Nachm. 1 U. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
17. Bis M. kl. u. schw. W., dann thlw. bew. Nachm. 3—3½ U. st. R. H. u. St., dann bew. u. mst. W. Ab. st. R., dann bew. N. thlw. bew.
18. Ver. u. r. Ab. u. N. bew.
19. Fr. bew. u. mst. W. Vorm. schw. W. u. schw. R. Nachm. u. Ab. bew. u. schw. W. N. R.
20. Bis 8 U. Vorm bew. u. st. W., dann ver. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.
21. Fr. bew. u. schw. W. Von 9 U. Vorm bis Ab. 6½ U. abw. bew. u. st. W., dann G.-R., später bew. u. r. N. thlw. bew.
22. Kl. Vorm. r. Nachm. schw. W. Ab. u. N. r. u. schw. bew.
23. Bis 10 U. Vorm. kl. u. r., dann schw. bew. bis Nachm. 2 U., dann st. W. Ab. u. N. schw. bew. u. schw. W.
24. Fr. r. u. schw. bew., am Tage schw. bew. u. mst. W. Ab. schw. W. N. kl. u. r.
25. Meist kl. Fr. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
26. Bis Nachm. 4 U. kl. u. r., dann thlw. bew. Ab. 8 Uhr G.-R., dann bew. u. schw. W.
27. Bis 9 U. Vorm. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. G.-R.
28. Fr. bew. u. r., dann schw. R., dann ver. u. schw. W.
29. Fr. bew. u. schw W. Vorm. R. Nachm. ver. Ab. schw. R. N. abw. bew.
30. Bew. N. R.
31. Bis M. abw. R. u. r. M. st. R. Nachm. abw. R., dann bew. Ab. u. N. abw. R.

Digitized by Google

Juni.

Datum	Luft-temperatur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.— 5.	17,98	17,69	17,86	18,37	5,0	5,4	6,6	19,48	19,91	20,00	13,0	13,7	14,0
6.—10.	15,74	16,87	16,95	17,30	4,6	4,5	4,8	18,55	18,90	19,12	5,1	5,3	5,2
11.—15.	14,75	14,45	14,63	14,87	3,1	3,2	4,0	15,52	15,75	15,94	6,8	7,2	7,9
16.—20.	11,45	12,41	12,53	12,50	6,8	6,9	7,2	12,76	12,80	12,75	8,2	8,3	8,3
21.—25.	14,42	12,72	12,88	13,01	5,2	5,1	5,5	14,60	14,84	15,08	11,2	12,0	12,7
26.—30.	17,32	17,41	17,49	17,78	3,3	3,0	3,0	20,85	21,32	21,39	7,9	8,2	8,4
Mittel:	15,28	**15,26**	**15,39**	**15,64**	**4,67**	**4,68**	**5,02**	**16,96**	**17,25**	**17,38**	**8,70**	**9,12**	**9,42**

Witterung:

1. Fr. R. Vorm. bew. u. thlw. R. Nachm. 4½ U. G.-R. u. mst. W., dann abw. bew. N, kl.
2. Fr. kl. 7—9 U. nb., dann kl.
3. Kl. u. r. bis Vorm. 11 U., dann mst. W. Nachm. G. Ab. bew. N. kl.
4. Kl. Nachm. G. u. mst. W. Ab. bew.
5. Bis M. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. G. N. R.
6. Fr. R. u. r., dann bis Nachm. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. G.-R. u. st. W. N. abw. bew. u. r.
7. Abw. bew. u. schw. W. N. kl.
8. Bis 8½ U. Vorm. bew., dann bis Nachm. 3 U. abw. bew., dann G. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew.
9. Fr. thlw. bew., dann bew. u. schw. W. bis M. Von da ab thlw. bew. u. schw. W. Um 4 U. Nachm. G. u. schw. R. N. G.-R.
10. Fr. R. u. mst. W., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
11. Bis Nachm. 2 U. thlw. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. bew. N. R.
12. Bis Nachm. bew. u. r. Um 3¾ U. Nachm. G.-R., dann abw. R. N. st. R.
13. R. u. abw. st. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
14. Abw. bew. u. mst. W. Ab. bew. u. r. N. kl.
15. Fr. r. u. bew. Vorm. 8—10 U. nb., dann abw. bew. u. r. N. R.
16. Fr. bew. u. mst. W., am Tage u. Ab. abw. bew. u. abw. R.. schw. W.
17. Abw. R.
18. Fr. bew. u. r., dann bis M. abw. schw. R., dann bis Nachm. 5¾ U. bew. Von da ab abw. R.
19. Fr. bew. u. r., dann abw. R. bis M. M. st. R., dann abw. R. u. mst. W.
20. Bis M. ver. u. mst. W. M. R., dann bew., später abw. bew. N. r. u. kl.
21. Fr. r. u. kl., dann kl. u. schw. W. Ab. G. N. st. G.-R.
22. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. mst. W. N. bew. u. mst. W.
23. Fr. bew. u. mst. W. Vorm. abw. schw. R., dann abw. bew. u. schw. W.
24. Abw. bew. u. schw. W. N. kl. u. r.
25. Bis Nachm. 2 U. kl. u. r., dann thlw. bew. Ab. G. N. schw. R.
26. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. st. W. N. bew.
27. Fr. bew. u. schw. W., dann bis Nachm. 5 U. abw. bew. u. schw. W. Ab. st. G.-R. N. abw. bew.
28. Bis 10 U. Vorm. nb., dann abw. bew. Ab. meist kl. N. kl.
29. Kl. u. abw. st. u. schw. W. N. kl. u. r.
30. Fr. kl. u. r., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Digitized by Google

Juli.

Datum	Luft-temperatur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.—5.	20,47	21,37	21,45	21,60	7,3	7,0	6,7	24,65	25,24	25,24	8,9	9,3	9,5
6.—10.	20,71	22,48	22,49	22,52	4,9	4,9	4,8	23,94	24,70	24,52	8,2	8,4	8,7
11.—15.	19,02	20,24	20,23	20,32	7,6	8,1	9,2	20,95	21,24	21,41	12,8	13,1	13,7
16.—20.	12,24	12,16	12,05	11,88	3,8	3,7	3,8	11,99	12,00	11,94	6,3	6,5	6,6
21.—25.	13,13	13,64	13,69	13,72	3,9	3,6	3,8	14,12	14,21	14,31	7,3	7,6	8,7
26.—31.	13,05	12,68	12,85	12,94	3,5	3,4	3,4	13,32	13,42	13,58	5,1	5,4	5,5
Mittel:	16,33	16,95	16,99	17,03	5,17	5,12	5,28	18,00	18,30	18,34	8,12	8,38	8,78

Witterung:

1. Bis Nachm. r. u. kl., dann thlw. bew. Ab. G. N. r. u. kl.
2. Vorm. r. u. kl. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
3. Fr. r. u. kl., am Tage kl. u. schw. W. Ab. r.
4. Kl. u. r. N. G. u. st. W.
5. Abw. bew. u. mst. W. N. meist kl. u. r.
6. Abw. bew. u. r. Ab. mst. W. N. schw. W.
7. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. G.-R. u. mst. W.
8. Ab. bew. u. r. N. G. u. schw. R.
9. Fr. bew. u. schw. W. Von 6—7 U. schw. R., am Tage abw. bew. u. schw. W., dann kl. u. r.
10. Bis 9 U. Vorm. kl. u. r., dann thlw. bew. M. u. Nachm. G. Nachm. 3½ bis 4 U. R., dann abw. bew. Ab. u. N. st. G.-R.
11. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. G. u. thlw. R.
12. Fr. G.-R., dann bew., am Tage abw. bew. u. schw. W. N. meist kl. u. schw. W.
13. Bis M. kl. u. r., dann G. Von 3 U. Nachm. thlw. G.-R. u. H. Ab. st. G.-R. N. bew. u. r.
14. Fr. bew. u. r. Vorm. 7—7½ U. R., dann abw. bew. Nachm. G.-R. u. st. W. Ab. u. N. R. u. schw. W.
15. Fr. u. Vorm. abw. R. u. bew., dann abw. bew. u. st. W. Ab. kl. u. r. N. bew. u. schw. W.
16. Bis Nachm. bew., dann G. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. mst. W.
17. Fr. bew. u. mst. W. Bis Nachm. ver. Von 3 U. ab. abw. R. Ab. u. N. bew. u. schw. W.
18. Fr. R. u. mst. W., dann thlw. schw. R. u. st. W. Ab. u. N. abw. st. R. u. mst. W.
19. Bew. u. ver. W., thlw. schw. R. Ab. u. N. ver., thlw. schw. R.
20. Bis Nachm. bew. u. r. Von 4 U. ab R. Ab. u. N. ver.
21. Bis 11 U. Vorm. R. u. r., dann bew. u. mst. W. Ab. kl. N. abw. bew.
22. Schw. R. u. r. Ab. u. N. abw. R.
23. Bis 8 U. Vorm. R., dann ver. u. schw. W. Ab. G. Von 8½—9 U. R. N. ver.
24. Abw. bew. u. schw. W. Ab. G. Von 7¾—9¼ U. st. G.-R. N. bew. u. schw. W.
25. Fr. bew. u. mst. W., dann bis Nachm. 4 U. abw. bew. u. ver., dann G. Von 5—5½ U. st. G.-R., dann ver. u. r.
26. Fr. bew. u. mst. W., dann thlw. bew. u. abw. R. Von 4½ U. Nachm. ab bew. u. schw. W. N. meist kl.
27. Bis Nachm. 4 U. ver. u. thlw. R, dann ver. N. ver. u. mst. W.
28. Bis Nachm. bew. u. abw. R. Von 3¾—4 U. st. R. u. H. Ab. u. N. abw. R. u. mst. W.
29. Fr. schw. R., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
30. Abw. bew. u. schw. W. N. bew. u. r.
31. Bis 9½ U. Vorm. bew. u. r., dann bis Nachm. abw. R., dann bew. u. schw. W.

Digitized by Google

August.

Datum	Luft-tem-pera-tur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.— 5.	14,70	14,25	14,32	14,38	1,9	1,9	1,8	15,39	15,75	16,08	6,9	7,8	8,7
6.—10.	15,27	15,11	15,15	15,22	2,6	2,6	3,0	16,48	16,90	17,08	9,0	9,7	10,4
11.—15.	16,83	15,77	15,93	16,27	7,4	7,3	8,0	19,10	19,62	19,97	10,6	11,1	11,2
16.—20.	12,74	12,81	12,92	13,14	5,4	5,4	5,6	14,16	14,52	14,79	10,1	10,7	11,4
21.—25.	17,58	16,77	16,93	17,47	6,6	6,7	6,9	20,38	20,83	21,33	10,9	11,3	11,7
26.—31.	18,08	17,81	17,94	18,33	4,4	4,0	4,0	20,37	20,83	20,93	7,8	8,0	8,6
Mittel:	15,94	15,49	15,61	15,88	4,72	4,65	4,88	17,74	18.16	18,40	9,22	9,77	10,33

Witterung:

1. Abw. bew. u. mst. W. Von 2½—2¾ U. Nachm. G.-R., dann bew. u. st. W. Ab. abw. R. N. bew.
2. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
3. Fr. bew. u. r. Von 9—11 U. Vorm. mehr kl., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.
4. Fr. bew. u. r. Vorm. nb., dann kl. Nachm. 2 U. G.-R., dann bew. u. r. Ab. G.-R. N. ver.
5. Abw. bew., mehr kl.
6. Bis 10 U. Vorm. bew. u. schw. W., dann bis 4 U. Nachm. thlw. bew. Von da ab kl.
7. Bis 10 U. Vorm. thlw. bew. u. schw. W., dann bew. M. R. Nachm. st. W. Ab. G.-R. u. St. N. ver.
8. Fr. thlw. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. bew.
9. Bis 10 U. Vorm. ver., dann bew. M. u. Nachm. abw. R. Ebenso A. u. N.
10. Abw. bew. u. mst. W.
11. Fr. abw. bew. u. mst. W. Von 9 U. Vorm. bis Nachm. 5 U. meist. kl. u. St., dann schw. W.
12. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Kl., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
14. Kl. u. r. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
15. Bis M. abw. bew. u. mst. W. Nachm. st. G.-R. u. st. W. Ab. u. N. abw. R. u. st. W.
16. Bis Nachm. 3 U. abw. R. u. r., dann. bew. u. schw. W. Ab. abw. R. u. schw. W. N. ebenso aber st. W.
17. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
18. Fr. kl. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
19. Fr. kl. u. r., am Tage meist kl. Ebenso Ab. u. N.
20. Fr. u. r.. dann mst. W. Von Nachm. 3 U. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.
21. Kl. u. r.
22. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ebenso Ab. u. N.
23. Kl. u. r. Nachm. G. Ab. bew. N. kl. u. r.
24. Fr. kl. u. r., sonst kl. u. schw. W.
25. Bis 11 U. nb. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. N. kl. u. r.
26. Kl. u. r.
27. Kl. fr. schw. W., am Tage u. N. r.
28. Abw. bew. u. schw. W. Nachm. G. mit R., dann bew. N. kl. u. r.
29. Fr. kl. u. schw. W., dann leicht bew. Von M. ab mst. W. Ab. r. N. meist kl.
30. Abw. bew., fr. r., am Tage schw. W. N. r. u. kl.
31. Kl. fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.

Digitized by Google

September.

Datum	Luft-temperatur	Gras						Brach					
		Bodentemperatur			Temperaturschwankungen			Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
1.— 5.	15,33	16,41	16,61	16,86	8,9	8,5	8,9	17,95	18,42	18,62	13,3	13,5	13,5
6.—10.	11,16	11,88	11,99	12,22	3,9	3,7	4,1	12,63	12,85	13,14	7,4	7,8	8,4
11.—15.	13,09	12,70	12,88	13,49	7,8	7,6	8,5	15,22	15,88	16,48	13,2	14,0	14,2
16.—20.	13,82	14,62	14,68	15,02	3,9	3,9	4,3	15,27	15,49	15,51	8,5	8,7	8,8
21.—25.	12,00	12,39	12,47	12,66	4,3	4,1	4,7	12,30	12,44	12,55	6,2	6,2	6,4
26.—30.	11,66	12,67	12,74	13,00	4,9	4,8	5,8	12,50	12,78	13,03	8,9	9,6	11,1
Mittel:	12,84	**13,44**	**13,56**	**13,87**	**5,61**	**5,43**	**6,05**	**14,31**	**14,48**	**14,89**	**9,58**	**9,97**	**10,40**

Witterung:

1. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. Ab. 8 U. G. mit schw. R., dann abw. bew.
2. Bis 10 U. Vorm. kl., dann abw. bew. bis 2 U. Nachm., dann bew. Um 5½ U. G.-R., St. u. H. Von 10 U. ab abw. bew.
3. Ver. u st. W. Ab. kl. u. r. N. kl. u. schw. W.
4. Bis Nachm. 4¾ U. ver. u. ver. W., dann G.-R. u. st. W., ebenso Ab. u. N.
5. Bis 10 U. Vorm. bew. u. mst. W., dann abw. bew. Ab. bew. u. G.-R. N. R. u. mst. W.
6. Abw. R. Nachm. u. Ab. ver. u. r.
7. Fr. schw. W., am Tage r. u. abw. bew.
8. Abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.
9. Bew. u. abw. R.
10. Kl. u. r.
11. Fr. kl. u. r., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
12. Fr. kl., dann bew. u. mst. W., N. r.
13. Fr. bew. u. r., sonst abw. bew. u. schw. W.
14. Bis 10 U. Vorm. nb., dann abw. bew. Nachm. u. Ab. bew. Ebenso N.
15. Abw. bew. u. r. N. kl. u. r.
16. Fr. nb., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. G.-R. N. R.
17. Fr. bew. Vorm. 7½—9 U. schw. R., dann ver. Nachm. bew. N. thlw. R.
18. Fr. nb. Von 8—9½ U. Vorm. R. u. schw. W., dann ver. Nachm. bew. u. R. Ab. ver. N. kl., thlw. nb.
19. Bis 11 U. Vorm. nb., dann bew. Nachm. kl. Ab. u. N. kl. u. r.
20. Bis 9 U. Vorm. nb., dann meist kl. Ab. u. N. bew. u. r.
21. Bis 6¾ U. fr. bew. u. r., dann abw. R. u. ver. W. Ab. ver. N. kl. u. r.
22. Bis M. bew. u. r., dann R. u. mst. W. Von 2½ U. Nachm. ab bew. u. mst. W. Ab. St. N. bew. u. mst. W.
23. Bew. u. mst. W. Ab. schw. W. N. kl. u. r.
24. Bis 10 U. Vorm. kl. u. r., dann meist kl. Ab. u. N. bew. u. r.
25. Bis 7¾ U. Vorm. bew. u. r., dann abw. R. u. mst. W. Nachm. ver. Ab. bew. u. G., dann ver. u. mst. W.
26. Abw. bew. meist r. Ab. u. N. kl. u. r.
27. Abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. Um 10 U. st. R. u. st. W.
28. Fr. bew. Von 7—9 U. Vorm. schw. R., dann bew. u. mst. W. Von 5 U. Nachm. ab meist kl. u. r. N. kl. u. r.
29. Bis Nachm. 4 U. kl. u. r., dann bew. u. schw. W. Ab. R.
30. Bis M. R., dann abw. R. Von 2—5 U. Nachm. bew. Ab. u. N. kl. u. r.

Digitized by Google

Zusammenstellung der Monatsmittel.

Monat		Bodentemperatur						Temperaturschwankungen					
		Gras			Brach			Gras			Brach		
		Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche			Neigung der Fläche		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
April	1883	7,14	7,75	**7,96**	7,86	8,20	**8,44**	7,55	8,28	**8,68**	8,67	9,27	**10,50**
Mai	»	13,86	14,17	**14,33**	14,50	14,82	**14,94**	8,70	9,07	**9,43**	10,97	11,48	**12,03**
Juni	»	15,26	15,39	**15,64**	16,96	17,25	**17,38**	4,67	4,68	**5,02**	8,70	9,12	**9,42**
Juli	»	16,95	16,99	**17,03**	18,00	18,30	**18,34**	5,17	5,12	**5,28**	8,12	8,38	**8,78**
August	»	15,49	15,61	**15,88**	17,74	18,16	**18,40**	4,72	4,65	**4,88**	9,22	9,77	**10,33**
Sept.	»	13,44	13,56	**13,87**	14,31	14,48	**14,89**	5,61	5,43	**6,05**	9,58	9,97	**10,40**

2. Täglicher Gang der Bodentemperatur.

Die folgenden Beobachtungen wurden auf den in den bisherigen Versuchen verwendeten Parzellen angestellt, mit Ausnahme derjenigen des Versuchs I, welcher bereits im Jahre 1877 zur Orientirung, also als Vorversuch zur Ausführung gelangte. Mittelst Bretter, welche das seitliche Herabfallen der Erde hinderten, wurden mit Lehm drei (nach Süden) exponirte kleine Hügel von ca. 1 qm Oberfläche errichtet und in die Mitte derselben je 1 Thermometer mit der Kugel zu 15 cm Tiefe versenkt. Die Ablesungen wurden wie in allen übrigen Versuchen alle 2 Stunden, Tag und Nacht, vorgenommen.

Die Resultate sind den folgenden Tabellen zu entnehmen:

Digitized by Google

Versuch I. (1877.)

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe. Lehmboden.

22. Juli.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 25°	42°	59°
12 Uhr	12,0	18,0	17,8	17,7
2 »	12,0	17,2	17,0	17,0
4 »	11,2	16,6	16,4	16,4
6 »	16,2	16,0	15,8	15,6
8 »	20,4	15,7	15,5	15,4
10 »	22,7	16,5	16,2	15,8
12 »	24,9	17,9	17,4	17,2
2 »	27,4	20,5	20,0	19,9
4 »	27,4	22,2	22,0	21,8
6 »	26,0	23,9	23,2	22,6
8 »	20,8	22,7	22,5	22,4
10 »	19,0	22,0	22,0	22,2
Mittel:	20,0	**19,10**	**18,82**	**18,67**
Schwankungen:	16,2	8,2	7,7	7,2

Witterung:

Fr. kl. u. r. Vorm. schw. W., ebenso Nachm. u. Ab.

23. Juli.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 25°	42°	59°
12 Uhr	15,2	20,6	20,8	20,8
2 »	14,2	19,5	19,7	20,0
4 »	13,2	19,0	19,2	19,4
6 »	20,0	18,2	18,4	18,6
8 »	24,6	17,8	18,0	18,1
10 »	27,4	18,8	18,8	18,8
12 »	26,0	20,1	20,0	20,0
2 »	29,4	21,8	21,6	21,8
4 »	29,6	23,2	23,0	23,2
6 »	27,1	23,8	23,8	23,9
8 »	23,0	23,8	23,8	24,0
10 »	20,6	22,7	22,9	23,4
Mittel:	22,52	**20,77**	**20,83**	**21,00**
Schwankungen:	16,4	6,0	5,8	5,9

Witterung:

Fr. kl. Um 11 U. Vorm. st. W. u. G., dann kl.

24. Juli.

12 Uhr	17,8	22,0	22,3	22,6
2 »	16,6	20,8	21,2	21,8
4 »	14,6	20,4	20,8	21,0
6 »	21,2	19,7	19,9	20,2
8 »	26,8	19,4	19,6	19,8
10 »	30,6	20,2	20,1	20,2
12 »	32,8	21,7	21,6	21,6
2 »	34,5	23,5	23,3	23,2
4 »	32,2	25,6	25,2	25,0
6 »	24,3	26,1	25,8	25,6
8 »	22,9	25,1	25,0	25,0
10 »	18,8	23,8	23,8	24,0
Mittel:	24,42	**22,36**	**22,38**	**22,50**
Schwankungen:	19,9	6,7	6,2	5,8

Witterung:

Vorm. kl. u. mst. W. Nachm. 5 U. schw. G.-R., dann bew. u. ver. W.

25. Juli.

12 Uhr	16,4	22,8	23,0	23,2
2 »	18,0	22,0	22,2	22,4
4 »	17,2	21,2	21,2	21,4
6 »	16,8	20,6	20,6	20,8
8 »	16,0	20,2	20,2	20,2
10 »	17,0	19,8	19,8	19,6
12 »	16,6	19,7	19,6	19,3
2 »	16,4	19,6	19,5	19,2
4 »	13,4	19,4	19,2	18,8
6 »	12,8	19,0	18,8	18,4
8 »	12,2	18,3	18,2	17,8
10 »	12,2	17,6	17,3	16,8
Mittel:	15,42	**20,02**	**19,97**	**19,83**
Schwankungen:	12,8	5,2	5,7	6,4

Witterung:

Fr. u. Vorm. schw. R. u. schw. W. M. st. R. u. mst. W. Nachm. Regen u. st. W. Ab. bew. u. st. W.

Digitized by Google

17. August.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 25°	42°	59°
12 Uhr	16,5	21,4	22,2	22,8
2 »	15,8	20,6	21,4	21,8
4 »	16,2	20,0	20,6	21,0
6 »	16,6	19,4	19,7	20,0
8 »	19,2	19,0	19,2	19,5
10 »	22,8	19,0	19,2	19,4
12 »	24,0	19,9	20,0	20,2
2 »	24,2	21,2	21,3	21,5
4 »	22,1	21,8	22,0	22,2
6 »	20,5	21,8	22,1	22,4
8 »	18,6	21,6	21,9	22,2
10 »	16,8	20,6	21,1	21,4
Mittel:	19,44	**20,53**	**20,89**	**21,20**
Schwankungen:	8,4	2,8	3,0	3,4

Witterung:

Fr. u. Vorm. ver. u. mst. W. Nachm. bew. u. st. W. Ab. abw. bew., N. G.-R.

19. August.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 25°	42°	59°
12 Uhr	15,2	20,8	21,4	21,8
2 »	13,8	19,8	20,4	20,6
4 »	13,2	19,0	19,6	19,8
6 »	15,2	18,4	18,6	18,8
8 »	22,4	18,0	18,2	18,3
10 »	27,6	18,4	18,5	18,6
12 »	30,2	19,8	20,0	20,3
2 »	31,0	22,2	22,4	22,5
4 »	31,4	23,8	24,1	24,3
6 »	28,7	24,4	24,6	25,2
8 »	24,1	24,4	24,7	25,4
10 »	24,4	23,4	24,0	24,8
Mittel:	23,10	**21,03**	**21,37**	**21,70**
Schwankungen:	18,2	6,4	6,5	7,1

Witterung:

Fr. kl. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Nachm. st. W. Ab. leicht bew. N. bew.

29. August. (In 10 cm Tiefe.)

12 Uhr	19,2	22,0	22,4	23,4
2 »	18,2	20,6	21,4	22,2
4 »	16,0	19,8	20,4	21,2
6 »	17,4	19,0	19,8	20,3
8 »	24,4	18,8	19,6	20,0
10 »	26,1	20,2	20,8	21,1
12 »	28,2	22,4	22,9	23,3
2 »	28,0	24,7	25,4	25,8
4 »	26,2	25,6	26,4	27,0
6 »	21,2	25,2	26,1	26,7
8 »	18,2	24,2	25,0	25,8
10 »	17,6	21,8	22,8	23,6
Mittel:	21,73	**22,03**	**22,75**	**23,37**
Schwankungen:	12,2	6,8	6,8	7,0

Witterung:

Kl. Vorm. ver. W. M. st. W. Nachm. abw. bew. u. ver. W. Ab. u. N. bew.

30. August. (In 10 cm Tiefe.)

12 Uhr	13,6	20,4	21,4	22,2
2 »	12,0	19,4	20,4	20,8
4 »	11,4	18,3	19,2	19,6
6 »	12,6	17,6	18,6	18,9
8 »	18,2	17,3	18,2	18,5
10 »	23,6	18,2	18,9	19,0
12 »	26,7	20,4	20,8	21,1
2 »	28,6	23,4	24,0	24,2
4 »	27,8	25,2	26,0	26,2
6 »	24,2	25,4	26,4	26,4
8 »	20,2	24,4	25,4	25,6
10 »	17,4	22,6	23,6	24,2
Mittel:	19,69	**21.05**	**21,91**	**22,23**
Schwankungen:	17,2	8,1	8,2	7,9

Witterung:

Fr. kl. Vorm. nb., gegen M. thlw. bew. u. mst. W., dann meist kl. u. r.

Digitized by Google

Versuch II. (1878.)

Lehmboden.

26. Juni.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	14,3	16,4	16,5	16,8	17,2	19,4	19,2	19,6	19,8
2 »	12,4	15,2	15,4	15,7	16,2	18,5	18,0	18,5	18,7
4 »	11,6	14,0	14,2	14,6	15,1	17,6	17,1	17,4	17,6
6 »	19,0	15,4	15,2	15,2	15,6	16,8	16,4	16,6	16,8
8 »	20,6	19,8	19,8	19,6	19,3	17,6	17,0	17,0	17,0
10 »	23,6	23,3	23,8	23,2	23,3	19,6	19,2	19,0	18,6
12 »	25,0	25,2	24,8	27,0	27,6	21,2	20,8	21,4	21,2
2 »	25,2	24,6	26,6	27,9	27,9	21,7	22,0	23,0	22,6
4 »	25,2	25,8	27,5	28,2	27,5	22,7	23,6	24,5	23,9
6 »	23,9	23,5	24,6	25,0	24,2	23,0	23,9	24,8	24,2
8 »	19,8	20,0	21,0	21,8	21,8	22,2	23,0	24,0	23,6
10 »	15,4	17,5	18,4	19,4	19,6	20,6	21,4	22,4	22,4
Mittel:	19,67	**20,05**	**20,65**	**21,20**	**21,25**	**20,07**	**20,13**	**20,68**	**20,53**
Schwankungen:	13,6	11,8	13,3	14,6	12,8	6,2	7,5	8,2	7,4

Witterung:

Bis 7 U. fr. kl., dann mst. W. u. bew. Von Ab. 6 U. ab thlw. bew. u. schw. W. dann r.

27. Juni.

12 Uhr	13,3	16,0	17,0	17,0	17,4	19,6	20,2	21,4	21,4
2 »	12,4	14,6	15,4	16,2	16,6	18,6	18,8	20,0	20,0
4 »	12,0	14,0	14,6	15,4	16,0	17,8	17,8	19,0	19,0
6 »	16,6	15,0	15,2	15,7	16,0	17,0	17,0	17,8	17,8
8 »	21,0	19,1	19,3	19,6	19,5	17,5	17,2	17,9	17,7
10 »	22,6	23,0	25,0	25,4	25,2	19,3	19,2	19,8	19,4
12 »	25,3	27,8	28,5	29,6	29,5	21,6	22,3	22,7	22,1
2 »	21,6	23,2	24,3	25,0	24,8	22,6	23,3	23,9	23,3
4 »	22,7	25,0	26,0	26,4	25,8	22,9	23,8	24,4	23,7
6 »	20,4	22,0	22,8	23,3	23,0	22,8	23,6	24,2	23,7
8 »	18,2	19,4	20,4	21,2	21,1	21,8	22,6	23,4	23,1
10 »	15,6	17,6	18,4	19,3	19,4	20,6	21,3	22,2	22,2
Mittel:	18,47	**19,72**	**20,57**	**21,17**	**21,19**	**20,02**	**20,59**	**21,39**	**21,11**
Schwankungen:	12,3	13,8	13,9	14,2	13,5	5,9	6,8	6,6	6,0

Witterung:

Fr. kl., dann thlw. bew. Vorm. 11 U. G. M. 1—2 U. schw. R., dann thlw. bew. u. st. W. Ab. bew. u. r., dann abw. bew.

Digitized by Google

28. Juni.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	14,2	15,4	16,6	17,3	17,6	19,4	20,0	20,8	20,9
2 »	12,0	13,8	14,4	15,0	15,4	18,0	18,2	19,0	19,0
4 »	11,1	13,2	13,8	14,5	15,0	17,2	17,4	18,2	18,2
6 »	16,0	14,3	14,5	14,8	15,0	16,4	16,4	17,2	17,1
8 »	19,5	17,6	18,4	18,5	18,2	16,8	16,6	17,1	16,8
10 »	20,7	21,7	23,2	23,3	23,0	18,3	18,0	18,5	18,0
12 »	22,2	26,0	26,3	26,8	26,6	20,4	20,6	20,8	20,2
2 »	22,9	27,4	28,1	28,2	27,4	22,2	22,6	22,8	22,2
4 »	23,0	26,8	27,4	27,2	26,2	23,2	23,6	23,8	23,2
6 »	21,0	23,6	23,8	23,6	22,8	23,0	23,4	23,9	23,2
8 »	17,5	19,8	19,8	20,4	20,2	21,8	22,4	22,8	22,5
10 »	15,8	17,6	18,2	19,0	19,0	20,5	21,0	21,6	21,6
Mittel:	17,99	**19,76**	**20,37**	**20,71**	**20,53**	**19,76**	**20,01**	**20,54**	**20,24**
Schwankungen:	11,9	14,2	14,3	13,7	12,4	6,8	6,2	6,8	6,4

Witterung:

Fr. kl. u. schw. W. Vorm. thlw. bew. u. st. W., ebenso Nachm. Ab. r. Gegen Mn. bew.

29. Juni.

12 Uhr	15,5	16,0	16,6	17,4	17,4	19,2	19,6	20,4	20,4
2 »	12,4	15,0	15,6	16,3	16,6	18,4	18,6	19,6	19,4
4 »	11,8	14,0	14,5	15,2	15,4	17,4	17,5	17,8	18,2
6 »	17,3	15,0	15,2	15,5	15,6	16,8	16,8	17,5	17,4
8 »	22,8	21,0	21,8	21,9	21,5	17,7	17,4	18,0	17,4
10 »	24,2	24,8	26,4	27,0	26,8	19,4	19,4	19,6	19,2
12 »	26,2	30,4	30,0	31,4	31,8	22,3	22,7	23,0	22,3
2 »	27,0	32,2	32,6	33,4	33,1	25,0	25,6	25,7	24,9
4 »	24,4	27,4	28,3	29,0	28,7	26,0	26,8	27,1	26,4
6 »	20,4	23,1	23,8	24,5	24,5	25,0	25,8	26,4	26,0
8 »	17,8	20,1	20,8	21,4	21,7	23,4	24,4	25,2	24,8
10 »	17,0	18,6	19,4	20,0	20,2	22,4	23,2	24,0	23,9
Mittel:	19,73	**21,46**	**22,08**	**22,75**	**22,77**	**21,08**	**21,48**	**22,05**	**21,69**
Schwankungen:	15,2	18,2	18,1	18,2	17,7	9,2	10,0	9,6	9,0

Witterung:

Kl. gegen M. thlw. bew. Vorm. kl. u. r. M. abw. bew. Um 2 U. Nachm. G. Von 5 U. 30 Min. ab G.-R. u. ver. W.

Digitized by Google

18. Juli.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	12,0	14,0	15,0	16,2	16,4	18,0	18,6	19,4	19,6
2 »	10,6	13,2	14,0	15,0	15,0	16,8	17,4	18,2	18,4
4 »	10,4	12,4	13,0	14,0	14,4	16,0	16,6	17,4	17,4
6 »	17,8	13,2	13,6	14,1	14,2	15,4	15,6	16,2	16,3
8 »	21,4	17,8	18,6	18,7	18,5	15,8	16,0	16,3	16,2
10 »	23,8	23,0	25,4	25,4	25,9	18,1	18,4	18,6	18,4
12 »	25,9	29,2	29,6	30,2	31,6	21,0	22,0	22,1	24,6
2 »	27,4	31,8	33,1	33,5	33,6	23,9	25,3	25,4	24,6
4 »	28,0	31,0	32,2	32,5	32,1	25,2	26,6	26,9	26,1
6 »	25,4	27,5	28,3	28,3	27,4	25,5	26,9	27,2	26,6
8 »	19,4	22,1	23,1	24,0	23,8	24,2	25,6	26,0	25,6
10 »	17,0	19,6	20,8	21,8	22,0	22,6	24,0	24,8	24,5
Mittel:	19,92	**21,28**	**22,22**	**22,80**	**22,90**	**20,20**	**21,08**	**21,54**	**21,52**
Schwankungen:	17,6	19,4	20,1	19,5	19,4	10,1	11,3	11,0	10,4

Witterung:

Kl. u. schw. W.

19. Juli.

12 Uhr	16,0	17,6	18,6	19,8	19,8	21,0	22,2	23,4	23,0
2 »	15,5	16,8	17,8	18,8	18,7	20,0	21,3	22,4	22,4
4 »	14,4	16,0	17,0	18,0	18,2	19,6	20,4	21,2	21,4
6 »	17,2	16,4	17,0	17,6	17,9	18,6	19,2	19,9	20,2
8 »	22,4	20,0	21,0	21,3	21,4	18,8	19,2	19,8	19,9
10 »	24,4	23,6	25,0	24,9	25,4	20,4	21,0	21,3	21,5
12 »	24,4	28,6	29,4	29,8	31,2	22,6	23,6	23,8	23,4
2 »	27,0	32,1	33,2	33,3	33,8	25,0	26,1	26,2	25,6
4 »	26,9	30,6	30,7	30,7	31,4	25,9	27,5	27,1	26,6
6 »	24,1	27,2	27,8	27,8	27,2	26,6	27,7	28,0	27,5
8 »	20,8	23,1	23,9	24,8	24,7	25,4	26,4	27,0	26,7
10 »	17,2	20,4	21,2	22,2	22,8	23,6	24,7	25,4	25,2
Mittel:	20,86	**22,70**	**23,55**	**24,08**	**24,35**	**22,29**	**23,27**	**23,75**	**23,61**
Schwankungen:	12,6	16,1	16,2	15,7	15,9	8,0	8,5	8,2	7,6

Witterung:

Kl. u. schw. W.

Digitized by Google

20. Juli.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	15,8	18,6	19,6	20,6	20,8	22,4	23,2	24,2	24,0
2 »	14,4	17,4	18,5	19,5	19,8	21,2	22,0	22,8	22,8
4 »	13,4	16,6	17,6	18,4	18,8	20,3	21,0	21,8	21,8
6 »	21,8	17,6	18,0	18,4	18,5	19,4	19,8	20,4	20,8
8 »	23,4	21,2	22,2	22,2	22,3	19,6	20,0	20,4	20,6
10 »	23,2	24,6	26,8	26,8	27,4	21,2	21,7	21,9	21,8
12 »	26,0	30,7	31,2	31,6	33,2	23,7	24,6	24,7	24,2
2 »	27,4	33,7	35,4	35,4	35,3	26,8	28,3	28,3	27,4
4 »	27,1	32,4	34,0	34,0	33,0	27,9	29,4	29,6	28,6
6 »	24,0	27,8	29,0	28,8	27,4	27,4	29,0	29,4	28,4
8 »	19,7	22,8	24,2	25,0	24,8	26,0	27,4	28,0	27,4
10 »	16,7	19,5	20,8	22,0	22,0	23,8	25,0	25,8	25,6
Mittel:	21,07	**23,57**	**24,77**	**25,22**	**25,27**	**23,30**	**24,28**	**24,77**	**24,45**
Schwankungen:	14,0	17,1	17,4	17,0	16,8	8,5	9,6	9,2	8,0

Witterung:

Kl. Von 11 U. N. ab der Himmel leicht überzogen.

21. Juli.

12 Uhr	16,8	18,6	19,8	21,0	21,0	22,8	24,0	25,0	24,6
2 »	11,6	16,6	18,0	19,0	19,2	21,2	22,2	23,2	23,2
4 »	11,6	15,4	16,4	17,4	17,7	19,7	20,4	21,4	21,7
6 »	13,6	15,8	16,6	17,4	17,6	19,0	19,4	20,4	20,6
8 »	18,4	19,0	19,6	19,8	19,6	19,0	19,2	19,8	19,7
10 »	22,1	21,8	22,5	22,4	22,4	19,6	19,8	20,2	20,0
12 »	22,4	22,6	23,0	22,8	22,6	20,6	20,8	21,0	20,8
2 »	23,8	23,2	23,5	23,2	23,1	21,0	21,2	21,4	21,2
4 »	26,4	26,1	27,4	26,7	26,0	22,1	22,4	22,5	22,0
6 »	24,2	25,0	25,5	24,9	24,2	23,2	23,6	23,7	23,0
8 »	20,6	21,2	21,6	21,9	21,7	22,7	23,0	23,4	22,9
10 »	18,8	19,0	19,6	20,3	20,2	21,4	21,8	22,6	22,2
Mittel:	19,19	**20,35**	**21,12**	**21,40**	**21,27**	**21,02**	**21,48**	**22,05**	**21,82**
Schwankungen:	14,8	10,7	11,0	9,3	8,4	4,2	4,8	5,2	4,9

Witterung:

Fr. leicht bew. Von 8—10 U. Vorm. bew. u. schw. W., dann abw. bew. Ab. kl.

Digitized by Google

19. August.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	16,2	15,4	16,0	16,6	16,5	18,4	18,8	20,0	20,4
2 »	12,6	13,4	14,3	15,4	15,2	17,2	17,6	18,6	19,0
4 »	9,7	12,4	13,3	14,2	14,2	16,4	16,6	17,4	17,8
6 »	12,2	12,8	13,4	14,0	14,2	15,6	15,6	16,4	16,8
8 »	16,0	15,0	15,2	15,4	15,9	15,6	15,4	16,0	16,3
10 »	22,5	20,1	20,5	20,9	22,3	16,9	16,7	17,2	17,2
12 »	25,5	26,0	26,4	26,9	28,3	19,4	19,6	19,9	19,9
2 »	24,4	25,9	26,3	26,7	28,0	21,6	21,9	22,3	22,1
4 »	19,2	20,8	21,4	21,8	21,8	21,6	21,8	22,5	22,6
6 »	17,8	18,6	19,0	19,4	19,2	20,3	20,4	21,4	21,6
8 »	16,9	17,0	17,4	17,7	17,7	19,4	19,6	20,2	20,6
10 »	16,6	16,2	16,4	16,7	16,8	18,4	18,4	19,0	19,6
Mittel:	17,46	**17,80**	**18,13**	**18,82**	**19,92**	**18,40**	**18,53**	**19,24**	**19,49**
Schwankungen:	15,8	13,6	13,1	12,9	14,1	6,0	6,5	6,5	6,3

Witterung:

Fr. r. Vorm. schw. W. M. st. W., dann bew. Von 4 U. Nachm. ab R., dann bew. u. ver. W. Von 11¾ U. N. ab st. R.

20. August.

12 Uhr	16,0	16,0	16,0	16,0	15,8	18,0	18,0	18,0	19,0
2 »	15,6	15,6	15,6	15,6	15,2	17,5	17,5	17,6	18,0
4 »	14,6	14,6	14,8	14,8	15,0	16,8	17,0	17,0	17,2
6 »	13,8	14,2	14,2	14,4	14,6	16,2	16,2	16,2	16,6
8 »	19,0	17,1	17,1	17,2	17,7	16,2	16,2	16,0	16,3
10 »	17,0	17,4	17,0	16,8	16,7	16,8	16,6	16,5	16,6
12 »	18,0	17,6	17,0	16,8	16,6	17,2	16,6	16,7	16,7
2 »	17,9	17,7	17,2	17,1	17,2	17,2	16,7	16,7	16,6
4 »	19,2	18,6	18,0	18,0	18,5	17,4	17,0	16,9	16,9
6 »	17,3	16,9	16,9	17,0	17,2	17,6	17,2	17,2	17,2
8 »	14,4	15,0	15,0	15,3	15,3	16,8	16,8	16,8	17,0
10 »	14,2	14,6	14,6	14,8	14,8	16,2	16,2	16,2	16,4
Mittel:	16,41	**16,27**	**16,12**	**16,15**	**16,21**	**16,99**	**16,83**	**16,73**	**17,04**
Schwankungen:	5,4	4,4	3,8	3,6	3,9	1,8	1,8	2,0	2,7

Witterung:

Bis 2 U. Mg. st. R., dann schw. R. Von 3 U. Mg. ab ver. u. mst. W. Von 10—12 U. Vorm. st. R. u. st. W., dann schw. R. Von 2 U. Nachm. ab St. Ab. 7—12 U. R. u. schw. W.

Digitized by Google

23. August.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	14,2	14,0	14,6	15,0	15,2	16,0	16,5	17,0	17,2
2 »	13,3	13,6	13,9	14,6	14,6	15,6	15,9	16,4	16,4
4 »	13,4	13,4	13,6	14,2	14,0	15,2	15,4	15,6	16,0
6 »	13,3	13,4	13,6	14,0	14,0	15,0	15,2	15,2	15,4
8 »	15,4	14,7	14,7	14,8	15,0	15,0	15,0	15,0	15,2
10 »	19,4	18,2	18,0	17,7	18,1	15,9	15,8	15,8	15,7
12 »	22,7	21,8	21,9	22,0	23,3	17,4	17,4	17,4	17,1
2 »	22,1	20,7	21,0	21,3	21,3	18,7	18,9	19,1	18,8
4 »	19,3	18,8	19,2	19,4	19,3	18,6	18,9	19,2	19,2
6 »	18,2	18,0	18,2	18,4	18,5	18,2	18,4	18,8	18,8
8 »	16,4	16,9	17,1	17,3	17,4	17,8	18,0	18,4	18,4
10 »	15,6	16,0	16,2	16,5	16,6	17,4	17,6	17,8	18,0
Mittel:	16,94	**16,62**	**16,83**	**17,10**	**17,27**	**16,73**	**16,92**	**17,14**	**17,17**
Schwankungen:	9,4	8,4	8,3	8,0	9,3	3,7	3,9	4,2	4,0

Witterung:

Bew. Von 5—6 U. fr. R., dann ver. u. schw. W. M. r. Von 4 U. 15 Min. bis 7 U. 15 Min. Nachm. schw. R., dann ver. Gegen Mn. thlw. bew.

24. August.

12 Uhr	14,8	14,7	14,9	15,2	15,4	16,7	16,9	17,2	17,4
2 »	14,8	14,6	14,8	15,0	15,4	16,0	16,0	16,2	16,4
4 »	15,0	14,4	14,6	14,8	15,0	15,8	15,8	16,0	16,2
6 »	14,1	14,2	14,2	14,4	14,4	15,6	15,6	15,6	15,8
8 »	14,0	14,5	14,4	14,4	14,6	15,4	15,4	15,2	15,4
10 »	16,4	17,4	17,0	16,8	17,1	15,6	15,4	15,4	15,4
12 »	19,4	20,2	20,0	19,8	20,0	17,0	16,8	16,6	16,4
2 »	21,6	22,8	22,8	22,8	22,8	18,2	18,1	18,0	17,5
4 »	21,1	22,2	22,2	22,2	22,2	19,5	19,5	19,6	19,2
6 »	19,0	19,2	19,4	19,6	19,2	19,4	19,4	19,6	19,4
8 »	14,0	15,6	15,8	16,0	15,6	18,4	18,4	18,5	18,6
10 »	12,8	14,4	15,6	14,8	14,5	17,2	17,2	17,2	17,4
Mittel:	16,41	**17,02**	**17,06**	**17,15**	**17,18**	**17,07**	**17,04**	**17,09**	**17,09**
Schwankungen:	8,8	8,6	8,6	8,4	8,4	4,1	4,1	4,4	4,0

Witterung:

Mn. kl. Gegen Mg. bew. Von 5 U. ab st. R. Von 9—11 U. schw. R., dann bew. Von 6½ U. Ab. ab R.

Digitized by Google

12. September.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	12,8	13,4	13,8	14,3	14,5	16,2	16,4	16,8	17,4
2 »	10,4	12,2	12,6	13,0	13,4	15,4	15,4	15,6	16,4
4 »	12,0	12,8	13,1	13,4	13,8	14,6	14,8	15,0	15,7
6 »	13,4	13,6	13,6	13,7	14,2	14,6	14,6	14,6	15,3
8 »	14,2	14,6	14,4	14,4	14,8	14,8	14,6	14,4	15,0
10 »	16,8	16,8	16,6	16,2	16,7	15,3	15,0	14,8	15,1
12 »	21,9	17,9	18,6	19,2	18,1	16,9	16,8	16,8	15,7
2 »	22,9	23,6	24,6	25,4	29,6	18,4	18,4	18,5	18,4
4 »	22,6	23,1	24,2	25,4	28,3	19,8	20,4	20,8	21,0
6 »	17,9	19,1	19,9	20,8	20,6	19,7	20,6	21,0	21,4
8 »	16,0	16,4	17,2	18,0	18,0	18,5	19,2	19,9	20,6
10 »	15,2	15,4	16,2	16,8	17,1	17,6	18,2	18,9	19,6
Mittel:	16,34	**16,57**	**17,07**	**17,55**	**18,26**	**16,82**	**17,03**	**17,26**	**17,63**
Schwankungen:	12,5	11,4	12,0	12,4	16,2	5,2	6,0	6,6	6,4

Witterung:

Nach M. kl. Mg. nb. Vorm. thlw. bew. Nachm. u. Ab. kl.

13. September.

12 Uhr	15,2	15,0	15,6	16,2	16,4	17,0	17,6	18,2	18,8
2 »	14,4	14,4	14,8	15,2	15,4	16,4	16,9	17,4	18,0
4 »	13,6	14,0	14,4	14,8	15,3	15,9	16,2	16,6	17,2
6 »	14,9	14,6	14,8	15,0	15,6	15,6	15,9	16,2	16,6
8 »	17,2	16,0	16,0	16,1	17,0	15,7	15,8	16,0	17,4
10 »	19,4	18,3	18,3	18,2	19,4	16,2	16,2	16,2	16,6
12 »	22,8	21,6	21,4	21,0	22,6	17,7	17,6	17,6	17,8
2 »	22,4	22,8	23,0	23,2	24,6	19,3	19,4	19,5	19,6
4 »	21,1	21,1	21,6	22,1	22,5	19,9	20,2	20,6	20,6
6 »	17,4	17,6	18,0	18,4	18,0	19,2	19,6	20,0	20,3
8 »	16,1	17,0	17,2	17,4	17,2	18,4	18,8	19,2	19,6
10 »	15,0	16,2	16,4	16,6	16,6	17,8	18,1	18,4	18,7
Mittel:	17,46	**17,38**	**17,62**	**17,85**	**18,36**	**17,42**	**17,69**	**17,99**	**18,35**
Schwankungen:	9,2	8,8	8,6	8,4	9,3	4,3	4,4	4,6	4,2

Witterung:

Fr. kl., dann thlw. bew. Mg. bew. u. schw. R. Vorm. ver. M. u. Nachm. schw. W. u. leicht bew. Ab. G.-R. Von 9 U. ab kl.

Digitized by Google

18. September.

Zeit	Luft-temperatur	Bodentemperatur in der Oberfläche				Bodentemperatur in 10 cm Tiefe			
		Neigung der Fläche				Neigung der Fläche			
		0°	16°	32°	48°	0°	16°	32°	48°
12 Uhr	9,4	9,5	10,2	11,0	11,2	12,2	12,8	13,5	14,2
2 »	8,6	9,0	9,6	10,2	10,0	11,6	12,2	12,6	13,4
4 »	8,2	8,4	8,9	9,4	9,8	11,0	11,4	11,7	11,4
6 »	8,0	8,4	8,8	9,2	9,7	10,6	10,9	11,1	11,8
8 »	13,9	11,8	12,1	12,3	13,8	10,6	10,7	10,9	11,4
10 »	17,6	16,4	17,0	17,5	19,9	12,4	12,6	12,8	13,3
12 »	20,8	19,4	19,8	20,2	23,7	13,9	14,2	14,5	15,0
2 »	22,6	22,2	23,6	25,1	30,0	15,9	16,6	17,3	17,4
4 »	22,7	21,8	22,6	24,4	28,0	17,5	18,4	19,4	19,6
6 »	17,2	17,4	18,6	19,7	19,4	17,5	18,6	19,7	20,2
8 »	14,5	14,7	15,8	16,9	16,8	16,4	17,6	18,7	19,3
10 »	13,6	13,4	14,4	15,4	15,4	15,6	16,7	17,8	18,4
Mittel:	**14,76**	**14,37**	**15,01**	**15,94**	**17,31**	**13,77**	**14,39**	**15,00**	**15,45**
Schwankungen:	14,7	13,8	14,8	15,9	20,3	6,9	7,9	8,8	8,8

Witterung:

Bis Mg. abw. bew. Vorm. leicht bew. u. schw. W., ebenso Nachm. Ab. mst. W.

19. September.

12 Uhr	15,3	13,0	13,9	14,8	15,2	14,8	15,8	16,8	17,4
2 »	15,1	12,9	13,6	14,4	14,8	14,5	15,3	16,2	16,7
4 »	15,6	13,0	13,8	14,6	14,7	14,2	14,8	15,5	16,2
6 »	15,1	12,8	13,4	14,0	14,4	14,0	14,6	15,1	15,8
8 »	15,6	13,8	14,0	14,2	14,7	13,8	14,5	14,8	15,4
10 »	18,0	16,5	16,8	17,0	18,2	14,4	14,8	15,2	15,6
12 »	13,3	14,6	15,2	15,4	15,7	14,8	15,1	15,4	15,8
2 »	13,9	15,1	15,6	16,0	16,5	14,7	15,0	15,4	15,7
4 »	14,2	15,1	15,6	16,0	16,2	15,0	15,3	15,6	15,9
6 »	12,0	13,0	13,4	13,8	13,6	14,8	15,1	15,3	15,6
8 »	11,7	12,2	12,6	13,0	13,0	14,0	14,2	14,4	15,0
10 »	11,8	12,0	12,2	12,5	12,6	13,4	13,6	13,8	14,2
Mittel:	**14,30**	**13,67**	**14,18**	**14,64**	**14,97**	**14,37**	**14,84**	**15,29**	**15,77**
Schwankungen:	6,3	4,5	4,6	4,5	5,6	1,6	2,2	3,0	3,2

Witterung:

Fr. bew. Mg. mst. W. u. R. Vorm. bew. u. st. W., ebenso Nachm. bis 4 U. Von da ab ver. u. r. Ab. bew.

Digitized by Google

Versuch III. (1883.)

Humoser Kalksandboden. Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

Zeit	29. Juni. Luft-temperatur	Gras Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Brache Neigung der Fläche 10°	20°	30°	30. Juni. Luft-temperatur	Gras Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Brache Neigung der Fläche 10°	20°	30°
12 Uhr	15,0	18,2	18,4	18,8	21,0	22,0	22,4	12,9	19,0	19,2	19,6	23,0	23,6	23,5
2 »	13,4	17,9	18,2	18,2	20,6	21,0	21,8	11,1	18,8	18,7	18,9	21,5	22,0	21,9
4 »	11,4	17,6	17,8	18,2	19,6	20,0	20,4	9,2	17,8	17,9	18,2	20,0	20,4	20,2
6 »	22,2	17,2	17,3	17,7	18,4	18,8	19,0	20,4	17,2	17,4	17,7	19,0	19,4	19,2
8 »	22,0	16,8	17,0	17,4	17,8	18,2	18,4	22,2	16,7	16,8	17,2	18,2	18,6	18,5
10 »	24,0	16,8	17,0	17,4	18,2	18,6	19,0	23,6	16,6	16,7	17,1	18,5	19,0	19,0
12 »	25,6	17,3	17,4	17,8	19,8	20,6	20,9	25,9	16,9	17,0	17,4	20,0	20,5	20,7
2 »	25,6	18,0	18,0	18,3	21,7	22,5	22,9	26,8	18,1	18,1	18,4	22,8	23,5	23,7
4 »	25,0	18,9	18,8	19,2	24,1	24,9	25,1	26,8	19,3	19,4	19,4	25,1	25,8	26,0
6 »	23,6	19,3	19,2	19,6	25,0	25,7	25,8	24,6	20,0	20,0	20,1	26,2	26,9	27,0
8 »	19,0	19,5	19,5	19,8	25,0	25,6	25,6	19,1	20,2	20,4	20,6	26,2	26,8	26,8
10 »	16,0	19,4	19,5	19,9	24,2	24,8	24,6	15,0	20,1	20,2	20,6	25,2	25,8	25,8
Mittel:	20,23	18,07	18,18	18,52	21,28	21,89	22,16	19,80	18,39	18,48	18,77	22,14	22,69	22,69
Schwankungen:	14,2	2,7	2,5	2,5	7,2	7,5	7,4	17,6	3,6	3,7	3,5	8,0	8,1	8,5

Witterung:

Kl. fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. st. W. Ab. r.

Witterung:

Kl. u. r.

Zeit	1. Juli. Luft-temperatur	Gras Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Brache Neigung der Fläche 10°	20°	30°	2. Juli. Luft-temperatur	Gras Neigung der Fläche 10°	20°	30°	Brache Neigung der Fläche 10°	20°	30°
12 Uhr	13,0	19,7	19,8	20,4	23,9	24,6	24,4	13,8	21,2	21,2	21,7	25,5	26,2	26,1
2 »	11,0	19,2	19,4	19,8	22,8	23,4	23,2	11,7	20,4	20,6	21,0	23,8	24,4	24,2
4 »	10,9	18,7	18,8	19,4	21,7	22,2	22,1	11,1	19,8	19,9	20,4	22,8	23,4	23,2
6 »	20,0	18,0	18,1	18,6	20,3	20,7	20,6	19,0	19,0	19,2	19,6	21,5	22,0	21,9
8 »	23,3	17,6	17,7	18,2	19,6	20,1	20,0	24,4	18,5	18,7	19,2	20,7	21,2	21,0
10 »	25,1	17,4	17,6	18,1	20,0	20,4	20,4	25,7	18,4	18,6	19,0	21,0	21,6	21,5
12 »	27,5	18,0	18,0	18,4	21,5	22,0	22,2	26,9	19,0	19,1	19,4	22,7	23,3	23,4
2 »	27,8	19,2	19,1	19,4	24,2	24,8	25,1	28,1	20,0	20,1	20,3	24,6	25,3	25,6
4 »	27,8	20,5	20,2	20,5	26,2	27,0	27,2	27,8	21,7	21,6	21,6	26,9	27,7	27,9
6 »	25,5	21,4	21,0	21,4	27,5	28,2	28,4	25,6	22,6	22,6	22,6	28,0	28,7	28,8
8 »	20,8	21,8	21,4	22,0	27,4	28,2	28,2	20,0	22,8	22,8	23,0	27,9	28,6	28,6
10 »	17,6	21,5	21,5	21,9	26,9	27,4	27,2	15,7	22,6	22,8	23,0	27,1	27,8	27,6
Mittel:	20,86	19,42	19,38	19,84	23,50	24,08	24,08	20,82	20,50	20,60	20,90	24,39	25,02	24,98
Schwankungen:	16,9	4,4	3,8	3,9	7,9	8,1	8,4	16,7	4,4	4,2	4,0	7,3	7,5	7,8

Witterung:

Bis M. r. u. kl. Von da ab schw. W. u. thlw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.

Witterung:

Kl. u. r., nur Nachm. schw. W.

Digitized by Google

Zeit	9. Oktober. Luft-tem-pera-tur	Gras Neigung der Fläche 10°	Gras 20°	Gras 30°	Brache Neigung der Fläche 10°	Brache 20°	Brache 30°	10. Oktober. Luft-tem-pera-tur	Gras Neigung der Fläche 10°	Gras 20°	Gras 30°	Brache Neigung der Fläche 10°	Brache 20°	Brache 30°
12 Uhr	0,9	4,4	4,7	5,3	6,2	6,6	7,0	0,8	6,5	6,9	7,6	7,7	8,1	8,8
2 »	0,5	4,4	4,7	5,2	5,8	6,2	6,6	0,6	6,2	6,7	7,3	7,0	7,3	7,9
4 »	-0,3	4,4	4,7	5,2	5,5	5,8	6,2	0,2	6,0	6,4	7,0	6,2	6,4	7,0
6 »	2,3	4,2	4,5	4,9	4,9	5,2	5,6	-0,1	5,6	6,0	6,6	5,4	5,6	6,0
8 »	5,6	4,1	4,4	4,6	4,3	4,5	4,8	4,6	5,2	5,7	6,2	4,7	4,9	5,3
10 »	10,2	4,1	4,4	4,6	4,5	4,7	5,0	9,2	5,0	5,4	5,8	4,6	4,8	5,2
12 »	13,6	4,4	4,6	5,1	5,9	6,2	6,6	14,2	5,1	5,6	6,1	5,8	6,1	6,7
2 »	14,3	5,1	5,4	6,2	7,9	8,3	8,9	15,6	5,7	6,2	7,1	7,9	8,4	9,5
4 »	13,0	5,8	6,2	7,3	9,5	10,0	10,7	14,3	6,5	7,0	8,2	9,6	10,2	11,6
6 »	9,6	6,3	6,7	7,9	9,7	10,2	11,0	10,0	6,9	7,4	8,7	9,9	10,6	12,0
8 »	4,4	6,6	7,0	8,1	9,3	9,6	10,6	5,6	7,1	7,6	8,9	9,5	10,2	11,5
10 »	1,3	6,5	6,9	7,8	8,5	8,8	9,5	5,3	7,2	7,6	8,8	8,9	9,5	10,7
Mittel:	6,28	**5,02**	**5,35**	**6,02**	**6,83**	**7,18**	**7,71**	6,69	**6,08**	**6,54**	**7,36**	**7,27**	**7,68**	**8,52**
Schwankungen:	14,6	2,5	2,6	3,5	5,4	5,7	6,2	15,7	2,2	2,2	3,1	5,3	5,8	6,8

Witterung:

Fr. kl. u. Rf. Vorm. meist kl. u. mst. W. Nachm. kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Witterung:

Fr. kl. u. Rf. Von 6—8 U. fr. nb., sonst kl. u. r. Ab. nb.

Digitized by Google

Versuch IV. (1884.)

Humoser Kalksandboden. Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

10. Mai.

Zeit	Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 0°	10°	20°	30°
12 Uhr	8,5	14,8	15,8	16,4	17,0
2 »	6,9	14,0	14,9	15,8	15,9
4 »	4,4	13,2	13,8	14,4	14,8
6 »	11,9	12,4	13,0	13,4	13,8
8 »	17,8	12,0	12,4	12,7	13,0
10 »	21,7	12,2	12,9	13,1	13,5
12 »	22,8	13,3	14,3	14,6	15,2
2 »	23,8	15,1	16,5	17,0	17,6
4 »	24,2	16,8	18,4	19,0	19,8
6 »	20,8	18,0	19,7	20,2	21,0
8 »	15,6	18,2	19,8	20,4	21,2
10 »	11,6	17,9	19,4	19,9	20,6
Mittel.	15,83	**14,83**	**15,90**	**16,41**	**16,95**
Schwankungen	19,8	6,2	7,4	7,7	8,2

Witterung:

Fr. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.

14. Juni.

Luft-tem-pera-tur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 0°	10°	20°	30°
13,8	17,1	17,6	18,2	18,5
11,8	16,6	17,0	17,4	17,8
9,6	16,0	16,4	16,8	17,2
18,4	15,4	15,6	15,8	16,4
21,1	15,2	15,4	15,5	16,0
23,6	15,8	16,1	16,2	16,6
24,5	17,2	17,8	18,4	18,6
26,8	18,9	19,7	20,5	21,0
26,5	20,8	21,8	23,0	23,4
19,0	21,8	22,6	23,8	24,2
16,4	21,6	22,6	23,6	24,0
14,6	21,0	21,9	22,6	23,0
18,84	**18,12**	**18,71**	**19,32**	**19,73**
17,2	6,6	7,2	8,3	8,2

Witterung:

Vorm. kl. u. r. Nachm. kl. u. schw. W. Von 5 U. ab bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.

13. Juli.

12 Uhr	18,4	25,4	26,2	26,7	27,2
2 »	15,6	24,8	25,5	26,0	26,5
4 »	14,2	23,6	24,4	24,6	25,1
6 »	22,8	22,7	23,3	23,4	23,8
8 »	26,4	22,3	22,9	22,8	23,2
10 »	29,4	22,4	23,2	23,2	23,6
12 »	31,8	23,8	24,8	24,9	25,4
2 »	33,3	26,0	27,3	27,8	28,4
4 »	33,5	27,9	29,4	30,0	30,7
6 »	30,9	29,9	30,6	31,3	32,0
8 »	24,5	29,3	30,7	31,4	32,0
10 »	20,0	28,7	30,0	30,6	31,1
Mittel:	25,07	**25,57**	**26,53**	**26,89**	**27,42**
Schwankungen	19,3	7,6	7,8	8,6	8,8

Witterung:

Kl. u. r., nur M. schw. W.

6. August.

15,4	21,2	21,9	22,1	22,3
15,4	20,8	21,0	21,5	21,6
15,6	19,6	20,0	20,4	20,6
16,4	19,2	19,4	19,7	20,0
17,8	18,8	19,0	19,2	19,5
21,8	18,6	18,9	19,2	19,4
25,0	19,2	19,8	20,3	20,5
25,9	20,1	21,5	21,8	22,2
26,1	21,1	23,1	23,6	24,3
23,2	21,8	24,0	24,6	25,2
20,2	21,6	23,7	24,2	24,6
18,0	21,2	23,1	23,4	23,8
20,07	**20,27**	**21,28**	**21,67**	**22,00**
10,7	3,2	5,1	5,4	5,8

Witterung:

Fr. kl. u. r., dann nb. Von 10 U. Vorm. ab abw. bew. u. ver. W. Ab. u. N. kl. u. ver. W.

Digitized by Google

20. September.

Zeit	Lufttemperatur	Bodentemperatur Neigung der Fläche 0°	10°	20°	30°
12 Uhr	12,0	17,6	20,0	20,2	20,6
2 »	11,2	17,4	19,6	20,0	20,3
4 »	10,3	16,4	18,4	19,0	19,0
6 »	9,6	16,0	17,4	18,0	18,2
8 »	15,2	15,4	16,6	17,0	17,4
10 »	18,8	15,4	16,6	17,2	17,5
12 »	21,1	16,0	17,8	18,6	18,6
2 »	23,0	17,6	20,0	20,6	21,0
4 »	21,2	18,9	21,8	22,2	23,0
6 »	18,0	19,4	22,2	22,6	23,3
8 »	14,0	19,2	21,6	22,0	22,4
10 »	10,9	18,6	20,5	21,2	21,4
Mittel:	15,44	**17,33**	**19,39**	**19,87**	**20,23**
Schwankungen:	13,4	4,0	5,6	5,6	5,9

Witterung:

Fr. r. u. kl. Vorm. thlw. bew. u. schw. W. Von 10 U. ab kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Mittel der Beobachtungen:

Versuch I.

In 15 cm Tiefe. Bodentemperatur	Neigung der Fläche. 25°	42°	59°
v. 22.—25. Juli 1877	**20,56** °C.	**20,50** °C.	**20,51** °C.
„ 17. u. 19. Aug. „	**20,78** „	**21,13** „	**21,45** „
„ 29. u. 30. „ „	**21,54** „	**22,33** „	**22,80** „

Versuch II.

In 15 cm Tiefe. Bodentemperatur	Neigung der Fläche. 0°	16°	32°	48°
v. 26. — 29. Juni 1878	**20,23** °C.	**20,55** °C.	**21,16** °C.	**20,89** °C.
„ 18. — 21. Juli „	**21,70** „	**22,71** „	**23,03** „	**22,85** „
„ 19. 20. 23. 24. Aug. „	**17,30** „	**17,33** „	**17,55** „	**17,70** „
„ 12. u. 13. Septbr. „	**17,12** „	**17,36** „	**17,62** „	**17,99** „
„ 18. u. 19. „ „	**14,07** „	**14,62** „	**15,51** „	**15,61** „

Digitized by Google

In der Oberfläche. Bodentemperatur		0°	Neigung der Fläche. 16°	32°	48°
v. 26. — 29. Juni	1878	20,25 °C.	20,92 °C.	21,46 °C.	21,43 °C.
„ 18. — 21. Juli	„	21,96 „	22,91 „	23,37 „	23,45 „
„ 19. 20. 23. 24. Aug.	„	16,93 „	17,03 „	17,30 „	17,65 „
„ 12. u. 13. Septbr.	„	16,97 „	17,34 „	17,70 „	18,31 „
„ 18. u. 19.	„ „	14,02 „	14,59 „	15,29 „	16,14 „

Versuch III.

Gras. In 15 cm Tiefe.	Neigung der Fläche. 10°	20°	30°
Bodentemperatur v. 29. Juni–2. Juli 1883	19,09 °C.	19,16 °C.	19,51 °C.
„ „ 9. u. 10. Oktbr. „	5,55 „	5,92 „	6,69 „
Brache.			
Bodentemperatur v. 29. Juni–2. Juli 1883.	22,83 „	23,42 „	23,48 „
„ „ 9. u. 10. Oktbr. „	7,05 „	7,43 „	8,11 „

Versuch IV.

In 15 cm Tiefe. Bodentemperatur		0°	Neigung der Fläche. 10°	20°	30°
v. 10. Mai	1884	14,83 °C.	15,90 °C.	16,41 °C.	16,95 °C.
„ 14. Juni	„	18,12 „	18,71 „	19,32 „	19,73 „
„ 13. Juli	„	25,57 „	26,53 „	26,89 „	27,42 „
„ 6. August	„	20,27 „	21,28 „	21,67 „	22,00 „
„ 20. Septbr.	„	17,33 „	19,39 „	19,87 „	20,23 „

Bei näherer Durchsicht der in Vorstehendem mitgetheilten Beobachtungsresultate ergiebt sich für die vorliegenden Verhältnisse,

1) daß der Boden während des Frühlings, Sommers und Herbstes sich im Allgemeinen um so stärker erwärmt, im Winter (November bis Februar) in um so höherem Grade abkühlt, je stärker das nach Süden exponirte Land gegen den Horizont bis zu einem bestimmten Winkel geneigt ist;
2) daß der Neigungswinkel, welcher bei südlichen Abdachungen das Maximum der Bodentemperatur bedingt, während der Monate Februar bis April und August bis

Digitized by Google

Oktober bei 48°, während der Monate Mai bis Juli bei 32°, und zur Winterzeit bei 0° gelegen ist;

3) **daß, bei ausschließlicher Berücksichtigung der Vegetationszeit** (März bis Oktober) **und derjenigen Hänge, welche die Acker- resp. Wiesenkultur ermöglichen** (bis circa 30° Neigung), **der Boden um so wärmer, je stärker das südlich exponirte Terrain geneigt ist;**

4) daß die ad 2 und 3 charakterisirten Unterschiede in der Bodenerwärmung im Frühjahr und Herbst, sowie bei ungehinderter Bestrahlung bedeutend größer sind als im Sommer und bei bewölktem Himmel;

5) daß die Schwankungen der Bodentemperatur durchschnittlich in dem Maße zunehmen, als sich der Boden stärker erwärmt, so daß dieselben unter den ad 3 angenommenen Bedingungen um so größer ausfallen, je steiler der Abhang ist;

6) daß in dem täglichen Gange der Bodentemperatur die durch Satz 2 resp. 3 geschilderten Unterschiede am stärksten zur Zeit des täglichen Maximums (4—6 h p. m.), zur Zeit des täglichen Minimums (8—10 h a. m.) am schwächsten hervortreten;

7) daß der Schnee um so schneller abschmilzt, je größer der Winkel ist, den die Bodenfläche mit dem Horizont bei südlicher Abdachung bildet.

In Bezug auf die Schlußfolgerungen sub 1 und 2 sind, abgesehen von den Mitteln der Pentaden, besonders die Zusammenstellungen S. 24, 37, 39 zu vergleichen. Die ziffermäßigen Belege für Satz 3 sind, außer den vorstehend bezeichneten, den Tabellen S. 47 u. 62 zu entnehmen.

Für die ad 4 geschilderten Gesetzmäßigkeiten sprechen die Differenzen zwischen den Temperaturen der am stärksten und schwächsten erwärmten Flächen, wie solche in nachstehender Uebersicht zusammengestellt sind:

Digitized by Google

Grade Celsius.

	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
			1. A. Versuch I. 1878.				
Brach	—	0,64	0,55	0,25	0,36	0,65	1,10
			1. A. Versuch II. 1879.				
Brach	0,78	0,58	0,33	0,20	0,86	1,25	0,90
			1. B. Versuch I. 1883.				
Gras	0,82	0,47	0,38	0,08	0,39	0,43	—
Brach	0,58	0,44	0,42	0,34	0,66	0,58	—

2. Versuch I. 1877.

	22. — 25. Juli	17. u. 19. August	29. u. 30. August
Brach	0,05	0,67	1,26

2. Versuch II. 1878.

	26. — 29. Juni	18. — 21. Juli	19. — 24. Aug.	12. u. 13. Sept.	18. u. 19. Sept.
Brach	0,66	1,15	0,40	0,87	1,54

2. Versuch III. 1883.

	29. Juni — 2. Juli	9. u. 10. Oktober
Gras	0,42	1,14
Brach	0,65	1,06

2. Versuch IV. 1884.

	10. Mai	14. Juni	13. Juli	6. August	20. September
Brach	2,12	1,61	1,85	1,73	2,90

Wie diese Zahlen zeigen, sind die durch die Neigung des Terrains in der oben geschilderten Weise hervorgerufenen Verschiedenheiten in der Erwärmung des Bodens bei niedrigem Stande der Sonne beträchtlich größer als bei höherem Stande derselben.

Die im 5. Satz angeführten Erscheinungen finden ihre Erklärung in dem Umstand, daß die durch verschiedene Neigung des Terrains hervorgerufenen Unterschiede in der Bodentemperatur zur Zeit des täglichen Maximums größer sind, als beim tiefsten Stande des Thermometers, wo

Digitized by Google

die betreffenden Werthe, ohne daß sie sich ausgleichen, mehr genähert sind. Diese Verhältnisse ergeben sich aus den die zweistündlichen Beobachtungen enthaltenden Tabellen mit voller Deutlichkeit.

Bei der Erklärung der durch die Neigung des Terrains gegen den Horizont bedingten Modifikationen in der Erwärmung des Erdreichs, wie solche durch die vorstehend mitgetheilten Versuche näher festgestellt worden sind, ist man bisher fast allgemein von dem Stande der Sonne zu der von derselben beschienenen Fläche ausgegangen. Hiergegen läßt sich zunächst insofern nichts einwenden, als es klar ist, daß die Absorption eines von der Sonne ausgehenden Strahlenbündels durch die von demselben getroffene Ebene, und somit auch deren Erwärmung um so intensiver ist, je mehr der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der beleuchteten Fläche sich 90 Graden nähert. Betrachtet man nämlich ein Strahlenbüschel von quadratischem Querschnitt, so wird jede nicht dazu senkrechte Fläche von diesem Strahlenprisma nach einem Parallelogramm geschnitten, dessen Flächeninhalt um so größer ist, je kleiner der Neigungswinkel der schneidenden Ebene zur Prismenachse wird. Dieses von der Sonne kommende Strahlenprisma wird deshalb seine Wärmesumme auf eine um so größere Fläche vertheilen, je kleiner der Einfallswinkel, und muß nothwendiger Weise in demselben Verhältnisse die Wärmeintensität für die Flächeneinheit abnehmen.

Für den vorliegenden Zweck würde es indessen zu keinem Ziele führen, wollte man für die in Betracht kommenden Flächen den Einfallswinkel berechnen, weil sich derselbe in jedem Augenblick ändert. Vielmehr wird es nothwendig sein, die Bestrahlungsgröße selbst kennen zu lernen. Wie nun *C. Eser*[1]) näher nachgewiesen hat, ist diese aber nicht allein von der Sonnenhöhe, sondern auch in hervorragendem Grade von der Bestrahlungsdauer abhängig, welche bei verschiedenen Neigungswinkeln der Hänge eine verschieden große ist. Demnach handelt es sich behufs Ermittelung der in vorliegenden Versuchen hervorgetretenen Erscheinungen um die Bestimmung der mit der Zeitdauer multiplicirten Intensität der Bestrahlung.

Derartige, mit einem sehr beträchtlichen Zeitaufwand verknüpfte Berechnungen der Bestrahlungsgröße in dem eben angedeuteten Sinne hat

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd VII. 1884. S. 100—118.

Digitized by Google

C. Eser für die vorliegenden Verhältnisse ausgeführt, indem er den betreffenden Werthen eine einstündige senkrechte Bestrahlung als Einheit zu Grunde legte. Die auf diese Weise gewonnenen Zahlen mögen wegen des Vergleichs mit den obigen hier nochmals eine Stelle finden.

Werthe der Tages-Bestrahlung bei Exposition gegen Süd.

Datum		Neigung der Fläche				Datum		Neigung der Fläche			
Monat	Tag	0°	10°	20°	30°	Monat	Tag	0°	10°	20°	30°
Jan.	1.	1,7354	2,8822	3,9416	**4,8813**	Juli	10.	8,6060	**8,6464**	8,5287	8,1947
»	10.	1,8714	3,0266	4,0899	**5,0289**	»	20.	8,3591	**8,4898**	8,4315	8,1638
»	20.	2,1161	3,2806	4,3454	**5,2781**	»	30.	8,0206	8,2538	**8,2907**	8,1122
»	30.	2,4540	3,6210	4,6780	**5,5928**	Aug.	10.	7,5565	7,9215	**8,0839**	8,0268
Febr.	10.	2,9239	4,0780	5,1082	**6,9831**	»	20.	7,0645	7,5591	7,8479	**7,9150**
»	20.	3,4260	4,5485	5,5329	**6,3490**	»	30.	6,5208	7,1464	7,5674	**7,7670**
März	1.	3,9237	4,9994	5,9221	**6,6668**	Sept.	10.	5,8802	6,6444	7,2105	**7,5602**
»	10.	4,4568	5,4665	6,3099	**7,9617**	»	20.	5,2765	6,1559	6,8484	**7,3330**
»	20.	5,0680	5,9836	6,7174	**7,4472**	»	30.	4,6699	5,6489	6,4564	**7,0671**
»	30.	5,6824	6,4859	7,0946	**7,2892**	Okt.	10.	4,0785	5,1365	6,0385	**6,7569**
April	10.	6,3406	7,0070	7,4698	**7,7124**	»	20.	3,5203	4,6350	5,6089	**6,4125**
»	20.	6,9040	7,4385	7,7673	**7,8739**	»	30.	3,0122	4,1621	5,1854	**6,0512**
»	30.	7,4180	7,8205	**8,0191**	7,9975	Novbr.	10.	2,5306	3,6968	4,7505	**5,6600**
Mai	10.	7,8685	8,1459	**8,2243**	8,0852	»	20.	2,1773	3,3431	4,4073	**5,3376**
»	20.	8,2415	**8,4086**	8,3835	8,1469	»	30.	1,9146	3,0719	4,1359	**5,0742**
»	30.	8,5257	**8,6040**	8,4974	8,1853	Decbr.	10.	1,7479	2,8957	3,9556	**4,8953**
Juni	10.	8,7237	**8,7380**	8,5732	8,2073	»	20.	1,6808	2,8238	3,8810	**4,8202**
»	20.	**8,7926**	8,7908	8,5993	8,2142	»	30.	—	—	—	—
»	30.	8,7526	**8,7574**	8,5843	8,2104						

Man erkennt sofort, daß die Werthe der Bestrahlungsintensität für die verschieden geneigten Flächen im Sommer sehr genähert sind, von da ab nach beiden Seiten zum Winter konstant auseinandergehen und Ende December die größten Unterschiede aufweisen. Die beobachteten Bodentemperaturen zeigen, wie durch Satz 4 hervorgehoben wurde, ein ähnliches Verhältniß, indem die durch verschiedene Neigung des Terrains hervorgerufenen Unterschiede in der Erwärmung des Erdreiches im Sommer am geringsten sind, nach dem Frühjahr und Herbst resp. dem Winter zu immer größer werden.

Ließe sich auf diese Weise in dem Grade der Wirkung eine Uebereinstimmung zwischen den für die Bestrahlungsintensität berechneten Werthen und den ermittelten Bodentemperaturen nachweisen, so gelingt

Digitized by Google

dies nur zum Theil, wenn die absoluten Größen in Betracht gezogen werden.

Innerhalb der hier gewählten Grenzen war im Frühjahr und Herbst, ebenso im Winter **die Intensität der Bestrahlung** um so größer, je steiler die Hänge waren, dagegen verschob sich Ende April das Maximum allmählich auf die weniger stark geneigten Flächen, fiel am 20. Juni sogar auf die horizontale Fläche, um dann nach und nach bis zum 20. August auf das gegen den Horizont am stärksten geneigte Terrain überzugehen und sich dort, die kältere Jahreszeit hindurch, dauernd bis Ende April zu erhalten. Der Gang **der Bodentemperatur** war in sämmtlichen Versuchen zum Theil ein anderer, insofern derselbe nur im Frühjahr und Herbst den Werthen der Bestrahlungsintensität folgte, im Sommer und Winter aber von denselben wesentlich abwich. Während nämlich die Bestrahlung im Sommer um so stärker, im Winter um so schwächer, je kleiner der Neigungswinkel des Terrains war, stellte sich die Bodentemperatur umgekehrt, d. h. dieselbe war im Sommer um so höher, im Winter um so kleiner, je steiler der Hang war. Es ergiebt sich somit, **daß die Bestrahlungsintensität für die Erwärmung gegen den Horizont verschieden geneigter Flächen nicht allein maßgebend ist, sondern daß hierbei noch andere Faktoren mit ins Spiel kommen.**

Ein solcher, der zugeführten Sonnenwärme in den bezeichneten Jahreszeiten entgegenwirkender Faktor ist in der **Bodenfeuchtigkeit** zu suchen. Wie gezeigt, nimmt letztere in dem Grade ab, als das Terrain stärker gegen den Horizont geneigt ist. In dem Betracht nun, daß die Erwärmung des Erdreiches um so geringer ist, je größer der Wassergehalt desselben [1]), weil in dem gleichen Maße ein Theil der zugeführten Wärme in Folge der ergiebigeren Verdunstung [2]) gebunden wird, kann im Sommer, wo das Maximum der Bestrahlung auf die weniger geneigte resp. auf die horizontale Fläche fällt, die Wirkung der stärkeren Bestrahlung wegen des vergleichsweise höheren Wassergehaltes des Bodens nicht zur Geltung kommen, um so weniger als die Unterschiede in den Werthen der Bestrahlungsintensität gegen den Horizont verschieden geneigter Flächen zu dieser Jahreszeit an sich verhältnißmäßig

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. 1880. S. 147—190.
[2]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. 1883. S. 38—40.

Digitized by Google

gering sind. Nur in einzelnen Fällen [1]), wahrscheinlich dann, wenn die Unterschiede in dem Wassergehalt verschieden geneigter Böden sich mehr oder weniger ausgeglichen haben, läßt sich auch im Sommer eine Koincidenz der Bodentemperatur mit der Strahlungsintensität nachweisen.

Als Ursache der Erscheinung, daß sich im Winter bei Frostwetter die Bodentemperatur um so niedriger stellt, je stärker geneigt die Fläche ist, trotzdem die Intensität der Bestrahlung sich umgekehrt gestaltet, ist, gleichergestalt wie im vorerwähnten Fall, die Bodenfeuchtigkeit insofern in Anspruch zu nehmen, als sich der Boden nach den hierüber angestellten Versuchen des Referenten [2]) unter bezeichneten Umständen um so stärker abkühlt, je trockener derselbe ist. Da aber andererseits sich bei Thauwetter und steigender Temperatur die Erwärmung grade umgekehrt stellt, so mußte die Bodentemperatur auch in den vorliegenden Versuchen, wie die mitgetheilten Zahlen auf das Deutlichste darthun, jedesmal, wenn sich die Temperatur über den Gefrierpunkt des Wassers erhob und besonders bei Sonnenschein, in dem Grade als der Neigungswinkel des Terrains zunehmen, d. h. sich der Bestrahlungsintensität entsprechend gestalten.

Für die Erwärmung des Bodens bei verschiedener Neigung des Terrains kommen nach Vorstehendem zwei Faktoren in Betracht, nämlich die Bestrahlungsintensität und die Bodenfeuchtigkeit, resp. die von letzterer abhängige Verdunstung. Die Wirkung beider Faktoren ist eine sich theils gegenseitig unterstützende, theils gegenseitig aufhebende, je nach äußeren Umständen. Im Frühjahr und Herbst, ebenso im Winter bei steigender Temperatur macht sich der Einfluß beider Faktoren nach derselben Richtung hin geltend, weshalb die durch die Neigung des Terrains hervorgerufenen Unterschiede in der Bodentemperatur zu diesen Terminen am größten ausfallen. Im Sommer und im Winter bei Frostwetter wirken beide Faktoren in entgegengesetzter Richtung und zwar in der Weise, daß der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit denjenigen der Bestrahlungsintensität aufhebt oder überwiegt. Zu ersterer Jahreszeit sind aus diesem Grunde die durch die Neigung des Terrains bedingten Unterschiede in der Bodenerwärmung einerseits gering und richten sich anderer-

[1]) Vergl. die Beobachtungen vom 1.—5. Juni, 11.—15. Juli 1878; 1.—5., 11.—15. Juni, 1.—25. Juli 1879; 16.—20. Juli 1883.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 184.

Digitized by Google

seits nach dem Wassergehalt des Erdreiches, bei Frostwetter tritt die Wirkung des letzteren in beträchtlicherem Grade hervor.

Es erübrigt noch, darauf hinzuweisen, daß die Temperaturunterschiede, wie solche durch verschiedene Neigung des Terrains bedingt sind, bei größerer Ausdehnung der Flächen offenbar viel bedeutender ausfallen werden, als in vorliegenden Untersuchungen, weil in letzteren bei der Kleinheit der Versuchsparcellen die Wirkung der in Temperatur, Luftfeuchtigkeit u. s. w. gleichmäßig beschaffenen Nachbarschaft in bedeutendem Grade sich geltend machen mußte, während dies bei größeren Flächen nicht der Fall ist, und der Einfluß der Terrainneigung bei diesen noch dadurch verstärkt wird, daß die Luft über den Hängen sich um so mehr erwärmt und um so feuchter wird, je höher die Bodentemperatur und je größer das Maß der Bodenfeuchtigkeit ist.

In gleicher Weise wird a priori geschlossen werden dürfen, daß der Einfluß der Neigung der Bodenfläche gegen den Horizont auf die Bodenwärme je nach der geographischen Breite des Ortes wegen ungleicher Bestrahlungsintensität ein verschiedener sein werde. Es ist anzunehmen, daß nach Norden die Temperaturunterschiede zwischen den steileren und flacheren Lagen, resp. der horizontalen Fläche zu Gunsten der ersteren immer größer ausfallen werden, während sich in der tropischen Zone diese Verhältnisse aus leicht erklärlichen Gründen umgekehrt gestalten werden.

In Bezug auf die Vegetationserscheinungen ist schließlich besonders hervorzuheben, daß zwei der wichtigsten Faktoren des Pflanzenwachsthums durch die Neigung des Terrains in einer Weise abgeändert werden, welche in der Vegetation je nach äußeren Umständen in den mannigfaltigsten Kombinationen sich äußern muß. Bei einem Neigungswinkel von 0 bis 30° war unter den vorliegenden Verhältnissen der Boden während der Vegetationszeit um so wärmer, andererseits aber um so trockener, je steiler die Hänge waren. Beide so wichtige Wachsthumsfaktoren wirken demnach in entgegengesetzter Richtung auf das Wachsthum der auf den betreffenden Flächen angebauten Gewächse. Es ist in mehr als einer Beziehung interessant, festzustellen, welcher derselben und unter welchen Bedingungen einer derselben das Uebergewicht gewinnt, zumal wie später gezeigt werden soll, derartige Untersuchungen zur Aufstellung eines allgemeinen Gesetzes über die Wirkung der klimatischen Faktoren

Digitized by Google

führen. Ehe an diese Aufgabe herangetreten werden kann, wird es jedoch nothwendig sein, die kombinirte Wirkung der Terrainneigung gegen den Horizont und derjenigen gegen die Himmelsrichtung zu eruiren, worüber eine zu späterer Veröffentlichung bestimmte Mittheilung in dieser Zeitschrift Auskunft geben wird.

Neue Litteratur.

M. P. E. Berthelot. **Direkte Bindung des atmosphärischen Stickstoffs durch thonige Bodenarten.** Comptes rendus. Tome CI. p. 775 und Naturwissenschaftliche Rundschau. 1886. Nr. 2. S. 10—12.

Vor einigen Jahren hat Verfasser eine neue und unerwartete Gelegenheit zur Bindung des freien Stickstoffs durch die Elementarbestandtheile der Pflanzen nachgewiesen, nämlich die atmosphärische Elektricität, und zwar nicht jene, welche sich in lebhaften Funken entladet, sondern jene, die nach und nach durch eine langsame, kontinuirliche Wirkung in Folge der schwachen Spannungen, die jederzeit und überall an der Oberfläche der Erde vorhanden sind, komplicirte Stickstoffverbindungen erzeugt. Im weiteren Verfolg dieser Reaktion hat er jetzt eine gleichfalls neue und vielleicht allgemeinere Gelegenheit zur direkten Bindung des atmosphärischen Stickstoffs entdeckt, nämlich die stille, aber unausgesetzte Thätigkeit der thonigen Bodenarten und der mikroskopischen Organismen, welche sie einschließen.

Die Versuche wurden auf der botanisch-chemischen Station zu Meudon ausgeführt und zwei Jahre hindurch an vier verschiedenen thonigen Bodenarten fortgesetzt. Sie umfassen fünf getrennte, aber gleichzeitige Reihen mit über 500 Analysen. Die Versuchsreihen waren: 1) einfaches Aufbewahren in einem geschlossenen Zimmer, 2) Verweilen auf einer Wiese unter einem Schutzdach, 3) Verweilen auf einem 28 m hohen Thurme ohne Schutz, 4) Verweilen in hermetisch geschlossenen Flaschen, 5) Sterilisiren.

1. In großen, offenen, cylindrischen, glasirten Steintöpfen von 0,36 m Durchmesser wurden 50—60 kg der Substanz aufbewahrt, die schließlich eine Schichtdicke von etwa 0,45 m hatte. Diese Töpfe standen in einem geschlossenen, hellen, trockenen Raume, dessen Wände frisch cementirt worden. Die Erde I, gelber, thoniger Sand, wurde zuerst am 29. Mai 1884 und zuletzt am 24. Oktober 1885 analysirt und in den einzelnen Analysen der gebundene Stickstoff, der Stickstoff der Nitrate, der Stickstoff des Ammoniaks und der Wassergehalt pro 1 kg bei 110° getrockneter Substanz bestimmt. Bei einer anderen Probe II gelben, thonigen Sandes war die erste Analyse am 30. April 1885, die letzte am 24. Oktober 1885

Digitized by Google

gemacht; eine dritte Erde III, weißer Thon, roher Kaolin wurde zuerst am 16. Juni 1884, zuletzt am 24. Oktober 1885 analysirt.

Aus den Analysen ergab sich, daß der verbundene Stickstoff (allein oder zu dem Stickstoff der Nitrate addirt) in den untersuchten thonigen Sanden und im Kaolin, welche mit der Luft in Berührung waren, unaufhörlich zunahm. Diese Zunahme erfolgte in der ganzen Masse. Sie wurde während der kalten Jahreszeit nicht beobachtet. Sie stand in keiner Beziehung zur Salpeterbildung, welche während des zweiten Jahres stationär geblieben im Sande I, leicht zugenommen im Sande II, und abgenommen im Kaolin III, aber in allen Fällen sehr klein war. Sie stand ebensowenig im Verhältniß zum Ammoniak-Stickstoff, dessen Menge sehr klein geblieben war und eher abzunehmen schien. Im Kaolin III hatte eine Bindung des Stickstoffs anfangs nicht stattgefunden, als die Masse ganz mit Wasser gefüllt war, sondern erst nachdem er durch Austrocknen porös geworden.

2. Dieselben Bodenarten wurden in glasirten, am Boden durchbohrten Töpfen aufbewahrt, die 1 kg Substanz enthielten, 113 qcm Oberfläche und 8 bis 10 cm Tiefe hatten. Diese Töpfe wurden auf Gestellen auf einer Wiese, 70 cm über dem Boden unter einem Dach hingestellt, welches senkrechten Regen abhielt, aber die Luft frei cirkuliren und schrägen Regen auffallen ließ. Während der zweiten Periode wurde die Erde von Zeit zu Zeit mit destillirtem Wasser besprengt, das im Ganzen 0,0001 gr Ammoniak-Stickstoff enthielt. In dieser Reihe wurde noch eine Erde IV, roher Kaolin benutzt. Auch diese thonigen Erdarten haben schließlich sämmtlich Stickstoff gebunden; doch erfolgte diese Bindung weniger schnell; zeitweise ist sie in zwei Fällen etwas zurückgegangen. Auch hier stand die Stickstoffbindung in keinem Verhältniß zur Nitrifikation oder zum Ammoniak-Stickstoff. Sie war auf der Wiese von derselben Größenordnung wie in der ersten Versuchsreihe.

3. Dieselben Bodenarten wurden in ähnlichen Töpfen auf einem Balkon ohne Schutzdach auf einem freistehenden Thurme, 29 m über dem Boden der Wiese hingestellt. Sie führten zu demselben Ergebniß wie die früheren Versuche. Obwohl sie wiederholt von Regen ausgewaschen waren, wurde Stickstoff in beträchtlichen Mengen gebunden, namentlich in den Kaolinen, welche ein Maximum ergaben. Hier könnte man eine Wirkung der atmosphärischen Elektricität vermuthen, da die Töpfe das Potential der Erde, die Luft hingegen ein viel höheres, im Durchschnitt von 600—800 Volt, besaßen.

Bei diesen Versuchen bot sich Gelegenheit, die Zuführung von Ammoniak und Salpetersäure durch den Regen und die Atmosphäre zu bestimmen, da in der zweiten Reihe nur die letztere und in der dritten außerdem noch die erstere zur Wirkung kam. Der Regen wurde in einem Regenmesser gesammelt und analysirt und ergab für die Oberfläche der Töpfe im Ganzen 0,00069 g Ammoniak-Stickstoff. Der Stickstoff der Salpetersäure konnte nicht gemessen werden, selbst in 2 Liter Regenwasser war er geringer als 0,0001 gr. Die Bestimmung des gasförmigen Ammoniaks, welches von der Luft an den Boden abgegeben wird, ist sehr unsicher. An verdünnte Schwefelsäure, die in offenen Schalen neben den Töpfen auf der Wiese aufgestellt war, gab die Luft vom April bis zum Oktober an eine Oberfläche von 113 qcm 0,0051 gr; der Stickstoff aber, der von

Digitized by Google

den untersuchten Erden auf dem Thurme gebunden wurde, betrug 0,0277 gr, 0,0347 und 0,0432 gr, also vier bis acht Mal soviel. Dieser Stickstoff scheint somit weder dem Regenwasser noch dem Ammoniak der Atmosphäre zugeschrieben werden zu dürfen. Eine andere 1884 ausgeführte Messung ergab ein ähnliches Resultat. Die Bindung des Stickstoffs durch Thonböden erfolgt somit unabhängig von der Zufuhr verbundenen Stickstoffs.

4. Dieselben Bodenarten wurden in großen, weißen, mit Luft gefüllten Glasschalen aufbewahrt, von denen jede 1 kg Sand enthielt; ein Theil der Flaschen wurde in's Dunkle gestellt, ein anderer dem diffusen Lichte exponirt. Von vornherein wurde etwas Wasser zugesetzt, die Flaschen fest verschlossen und ihr Inhalt von Zeit zu Zeit umgeschüttelt. Die Bindung des Stickstoffs erfolgte auch hier in den drei untersuchten Erdarten und zwar fortschreitend wie an der freien Luft und in Mengen gleicher Größenordnung. Sie erfolgte in der Dunkelheit ebensogut, wie im diffusen Lichte, unter dem Einfluß des letzteren aber war sie lebhafter.

5. 1 kg Sand von bekanntem Stickstoffgehalt wurde 2 Stunden lang auf 100° erwärmt, und dann 5 Minuten lang ein Strom Wasserdampf hindurch geleitet. Während der Abkühlung ließ man nur Luft eintreten, welche durch vorher auf 130° erhitzte, mit Glycerin getränkte Baumwoll-Propfen gegangen war. Dann wurden die Gefäße sich selbst vom 6. Juli bis 6. Oktober 1885 überlassen. In all diesen Versuchen blieb der Stickstoff stationär und hat sogar etwas abgenommen, zweifellos während der anfänglichen Erwärmung. Letztere hat somit die Ursache der Stickstoffverbindung zerstört. Die so sterilisirten Bodenarten haben ihre Fähigkeit, Stickstoff zu binden, nicht wieder erlangt, während derselben Zeitperiode weder unter dem Einfluß der freien Luft, noch durch Hinzufügen einer geringen Menge der ursprünglichen Substanz. Diese Resultate sind entscheidend.

Es ergiebt sich also, daß die untersuchten thonigen Bodenarten, Sande und Kaoline, die Fähigkeit besitzen, den freien atmosphärischen Stickstoff langsam zu binden. Diese Fähigkeit ist unabhängig von der Salpeterbildung und ebenso von der Verdichtung des Ammoniaks. Sie ist der Wirkung bestimmter lebender Organismen zuzuschreiben. Sie zeigt sich nicht im Winter; vielmehr erfolgt sie vorzugsweise während der Jahreszeit lebhafter Vegetation. Eine Temperatur von 100° hebt sie auf. Sie erfolgt ebensowohl in verschlossenen Gefäßen, wie in Berührung mit der Atmosphäre; ebensowohl an der vollkommen freien Luft auf einem hohen Thurme, wie unter einem Schutzdache in der Nähe des mit Vegetation bedeckten Bodens oder in einem geschlossenen Zimmer. Sie erfolgt im Dunkeln ebensowohl wie im Lichte, obwohl im zweiten Fall lebhafter.

Um die Tragweite der hier mitgetheilten Thatsachen noch mehr hervortreten zu lassen, mögen noch einige numerische Daten folgen. Verfasser hat die Bindung des Stickstoffs, die er in den fünf Versuchen nachgewiesen, pro kg Boden berechnet und in einer kleinen Tabelle zusammengestellt. Man erkennt aus derselben, daß die Stickstoffbindung in den vier Fällen von derselben Größenordnung ist; der Zutritt der freien Luft hat dieselbe nicht merklich vergrößert, so

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 42—44.

Digitized by Google

daß die Zufuhr der Stickstoffverbindungen, Ammoniak und Salpetersäure, durch die Atmosphäre hier keine Rolle spielt; sie ist übrigens bedeutend geringer als die Mengen Stickstoff, die wirklich gebunden worden sind, und in den Versuchen mit geschlossenen Flaschen kann von einer solchen Zufuhr überhaupt keine Rede sein. Die absolute Menge Stickstoff, die von 1 kg absorbirt worden, stieg in Berührung mit der Luft im Zimmer beim Sande I im Jahre 1884 auf 0,022 gr und im Jahre 1885 auf 0,024 gr; im verschloßenen Gefäße auf 0,038 gr. Beim Sande II betrugen die Zunahmen an Stickstoff in der Kammer 0,052 gr, im geschlossenen, Gefäße 0,038 gr, auf der Wiese 0,018 gr und auf dem Thurme 0,028 gr. Die geringeren Mengen der beiden letzteren Fälle sind auf die Verluste zu rechnen, welche durch das Auswaschen durch den Regen bedingt waren. Bei dem Kaolin III betrugen die Gewinne in der Kammer 0,020 gr, im geschlossenen Gefäß 0,028 gr, auf der Wiese 0,014 gr, auf dem Thurme 0,035 gr; dieser Kaolin war von vornherein sehr arm an Stickstoff.

Vergleicht man nun mit diesen Zahlen die Oberfläche der benutzten Töpfe auf der Wiese und auf dem Thurme, so ergiebt sich für die Fläche eines Hektars eine Bindung von 20 kg Stickstoff für den Sand I, 16 und 25 kg für den Sand II und 32 kg für den Kaolin III; Werthe, welche faktisch viel kleiner sind, als die in Wirklichkeit vor sich gehenden Absorptionen betragen, denn sie beziehen sich auf die sehr kleinen Dicken der Bodenschichten von 8—10 cm, während die Absorption des Stickstoffs ganz ebenso gut und proportional derselben bei einer fünffachen Dicke in den Töpfen des geschlossenen Zimmers erfolgte. Die quantitative Bedeutung dieser Stickstoffquelle springt hier klar in die Augen.

E. Ramann. **Ueber die Verwitterung diluvialer Sande.** Jahrbuch der k. pr. geologischen Landesanstalt für 1884. Berlin 1885.

Die zahlreichen Analysen, welche Verfasser gelegentlich seiner Untersuchungen[1]) über die Einwirkung der Streuentnahme ausführte, geben gleichzeitig einen Aufschluß über die mehr oder weniger gleichbleibende Zusammensetzung und über die Verwitterung der Sandböden.

Die untersuchten, zum Thalsand gehörenden Sande wurden an drei verschiedenen Stellen von einer längere Zeit jährlich von jedem Streuabfall gereinigten, sowie von einer sonst gleich beschaffenen bewaldeten Parcelle entnommen. Die Reihenfolge der einzelnen Bodenschichten war die für Sande gewöhnliche. Zu oberst humoser Sand, dann gelber Sand (Verwitterungssand), der nach der Tiefe zu allmählich in den normalen weißen Sand übergeht, dagegen scharf von dem aufliegenden humosen Sand getrennt ist.

Die im Original mitgetheilten Analysen lassen zunächst einen auffälligen Unterschied im Gehalte der einzelnen Stoffe zwischen solchem Boden, der frei gelegt war, und andererseits solchem, der mit einer Pflanzendecke versehen war, erkennen. Durchweg waren die nicht der Kieselsäure zugehörigen Procentzahlen in letzterem höher; und doch muß man annehmen, daß die Schichten ursprünglich gleich zusammengesetzt waren. Hier ist es nun die auswaschende Wirkung der Regen- und Schneewasser, welche die Unterschiede hervorbringt (indem die Sickerwasser in dem streufreien Boden bedeutend größer sind, als in dem be-

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 240.

Digitized by Google

waldeten. Der Ref.). In den mit Pflanzen, namentlich mit Bäumen bestandenen Gebieten werden durch die Wurzeln aus den tieferen Schichten Mineralstoffe aufgenommen und kommen den obersten Bodenschichten zu Gute. Es kann dies so weit gehen, daß diese die an Mineralstoffen reichsten des Bodens sind.

Den Resultaten der mechanischen Analyse ist zu entnehmen, daß die humosen Sande unter allen Umständen eine so sehr viel reichlichere Menge feinster Theile ergeben haben, als die tieferen Schichten, offenbar eine Folge der weiter vorgeschrittenen Verwitterung. Gleichzeitig sind die humosen Sande die ärmsten an Pflanzennährstoffen, ein Beweis, daß man nicht immer berechtigt ist, die Menge der abschlämmbaren Theile als maßgebend für den Bodenwerth anzusehen.

Ferner beweisen die Analysen, daß beim Absatz der Sande thonige Theile überhaupt nicht mit zur Ablagerung gekommen, sondern, soweit vorhanden, erst durch die Verwitterung entstanden sind. Die Sande müssen daher bei ihrer sehr gleichmäßigen Korngröße aus Gewässern mit gleichbleibender Strömung abgesetzt sein. Was die Verwitterung des Bodens betrifft, so ist die Wirkung zunächst eine mechanische, mit Zertrümmerung der Sandkörner verbunden.

Die chemischen Umsetzungen sind mannigfaltige, immer aber auf die wesentlichen Punkte der Silikatzersetzungen zurückzuführen. Alkalien, alkalische Erden und Eisen werden löslich; Thonerde, zum Theil wohl auch die in sehr geringen Mengen vorhandene Magnesia, bleiben in schwer angreifbarer Form zurück und unterliegen wohl im Wesentlichen nur einer mechanischen Verspülung durch die in den Boden eindringenden atmosphärischen Niederschläge. Die Verwitterung schreitet, wie bei allen Gesteinen, von der Oberfläche aus in die tieferen Lagen fort. Die einzelnen Bestandtheile vertheilten sich im Allgemeinen so, daß die oberen humosen Schichten die an Mineralstoffen, ausschließlich Kieselsäure, ärmsten, die darauf folgenden gelben Verwitterungssande meist die reichsten Schichten des Bodens sind, oder doch nur wenig hinter dem als ursprüngliches Gestein zu betrachtenden weißen Sand zurückbleiben. Sehr stark wirkt dabei auf reinen Sandboden die Auswaschung ein; verhältnißmäßig große Mengen der Stoffe werden in die Tiefe geführt und gehen so dem Boden verloren. Bemerkenswerth ist dabei, daß die einzelnen Schichten sehr verschieden stark angegriffen werden und namentlich die obersten sehr verarmen. Die Erklärung ist leicht. Die in den Boden einsickernden Tagewasser lösen nach Möglichkeit die vorhandenen Salze. Sie werden daher den obersten Schichten viel mehr entnehmen, als den tiefer liegenden, die sie schon als annähernd gesättigte Lösungen berühren und in welchen die Aufnahmefähigkeit des Wassers schon sehr gering geworden ist.

Behufs Feststellung der Frage, ob die gefundenen Regeln der Verwitterung als allgemein gültig für die Sande des Diluviums aufzustellen seien, wurden noch zwei anderen Orten entnommene Sandsorten vom Verfasser untersucht. Die Analysen zeigten dieselben Verhältnisse wie die oben angezogenen.

Bei Zusammenfassung sämmtlicher Analysen ergiebt sich, daß die Verwitterung in den Sandböden in ganz gleicher Weise vor sich geht, wie in jedem anderen Silikatboden, natürlich beeinflußt durch den geringen Gehalt der nicht der Kieselsäure zugehörigen Mineralstoffe. Die lösende und auswaschende Wirkung des Wassers ist darum eine viel kräftigere.

Digitized by Google

Mit dem Nachweis, daß ein Unterschied der Verwitterung eines entstehenden Sandgesteines und eines losen Sandbodens nicht vorhanden ist, fällt auch gleichzeitig einer der wesentlichsten Gründe, einen Unterschied zwischen Verwitterungsboden und Schwemmlandsboden zu machen; daß die ersteren aus anstehenden Gesteinen hervorgehen, kann gegenüber der hier nachgewiesenen Thatsache, daß die obersten Schichten der losen Sande echte Verwitterungsböden sind, nicht allzuschwer in's Gewicht fallen. *E. W.*

E. Ramann. **Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Diluvial- und Alluvial-Sanden.** Jahrbuch der k. pr. geologischen Landesanstalt für 1885. Berlin 1886.

In den Haidegegenden des norddeutschen Tieflandes weit verbreitete, jedoch durchaus nicht an dieselben gebundene Bildungen sind der Bleisand und der Ortstein.

Der Bleisand ist eine weiß- bis tiefgraue Sandschicht, die zuweilen im feuchten Zustande einen schwachen Stich ins Violette hat. Der Bleisand lagert immer direkt unter der Vegetationsschicht, oder unterhalb der aus derselben hervorgegangenen humosen Sandschicht.

Der Ortstein findet sich als häufiger Begleiter des Bleisandes und ist daher wie dieser verbreitet. Der Ortstein bildet eine steinartige Masse von hell- bis tiefbrauner Farbe; an die Luft gebracht zerfällt er zu einem braunen Pulver; bei der Zersetzung bleibt ein weißer Sand, selten Grand zurück.

Weit verbreitet ist das Vorkommen von Ausstülpungen des Ortsteins, die als kegelförmige dichtere Massen in die tieferen Schichten des Bodens ragen, in Hannover sehr treffend „Töpfe" genannt. Seltener führen diese Töpfe eine Einlagerung von Bleisand. Es läßt sich leicht die Bildung dieser Ausstülpungen verfolgen, wobei sich ergiebt, daß die Bildung derselben von der überlagernden Ortsteinschicht ausgeht.

Neben der gewöhnlichen, sich in verschiedenen Tiefen unterhalb des Bodens, jedoch immer an der Grenze des Verwitterungssandes hinziehenden Ortsteinschicht, findet sich noch in den nassen Haiden eine zweite Form des Orts, vom Verf. als „unterer brauner Ortstein" bezeichnet. Derselbe unterscheidet sich von ersterem durch hellere Farbe, durch zähe Beschaffenheit und durch seine schwierige Verwitterung. Er tritt stets in mächtigeren Schichten auf und geht nach unten allmählich in den gelben Verwitterungssand über. Auch ist derselbe in der Regel von einer schwächeren Schicht der gewöhnlichen Form überlagert.

Verfasser führt nach diesen Darlegungen die Gegenden besonderer Verbreitung der Ortsteinbildung, sowie eine stattliche Zahl von Analysen an, welche in der Originalarbeit nachzusehen sind.

Aus letzteren geht mit voller Deutlichkeit hervor, daß der Bleisand einen durch Verwitterung und Auswaschung von fast allen Mineralstoffen, mit Ausnahme der Kieselsäure befreiten, schwach humosen Sand darstellt. Der Ortstein ist zu bezeichnen als ein durch humose Stoffe (2—14 %, gewöhnlich 3—8 %) verkitteter Sand, d. h. ein Humussandstein. Er ist die an Mineralstoffen meist reichste Schicht des Bodens. Die vom Verfasser als „unterer brauner Ortstein" bezeichnete Abänderung des gewöhnlichen ist chemisch von diesem nicht unterschieden und vornehmlich nur durch den Humusgehalt, der im Maximum 4 %, jedoch oft kaum über 1 % beträgt.

Digitized by Google

Hinsichtlich der Ursache vorerwähnter Bildungen ist zunächst zu berücksichtigen, daß arme Sande, namentlich wenn sie nicht durch eine Bodendecke geschützt sind oder durch Laubanfall angereichert werden, in den oberen Schichten einen starken Verlust an Mineralstoffen erleiden[1]). Auf diese Weise ist der Bleisand entstanden, der fast stets die oberste Schicht sehr armer Sandböden bildet.

Sind die obersten Bodenschichten bis zu einem gewissen Grade an Mineralstoffen erschöpft, so lösen die Regen- und Schneewasser Humusstoffe, führen diese in die Tiefe und schlagen dieselben auf den an Salzen reicheren Theilen nieder. Ein durch solche gelöste und wieder ausgefällte Humusstoffe verkitteter Sand ist der Ortstein. Alle bekannten Thatsachen lassen sich durch diese Auffassung sofort erklären, namentlich die Erscheinung, daß der Ortstein sich immer eng an die Verwitterungsschicht des Bodens oder an mineralstoffreiche Theile anschließt und immer direkt unterhalb der ausgewaschenen Sandschicht lagert.

Humose Sande, Bleisand und Ortstein sind also gradezu untrennbare Bildungen, die mit einander in Verbindung stehen, wie Ursache und Wirkung: die Bildung der ersteren läßt sich theilweise auf die Thatsache zurückführen, daß humose Stoffe durch reines Wasser gelöst und von an Mineralstoffen reicheren Bodenschichten oder -theilen wieder ausgefällt werden.

Ist die Abscheidung von Ortstein einmal eingetreten, so müssen die weiteren Umbildungen im Boden erheblich verlangsamt werden. Bildet doch der Ortstein eine für Wasser sehr schwer durchlässige Schicht und gewissermaßen eine Scheidewand zwischen den höheren und tieferen Erdlagen. Wenn aber auch die Einwirkung der Gewässer verringert wird, so kann sie doch nicht aufgehoben werden. Zwar langsamer aber stetig werden dieselben Vorgänge, die Auswaschung und die Verwitterung, auch den Ortstein angreifen, die obersten Lagen zersetzen und in tieferen Bodenschichten Neubildungen verursachen. Es wird also an der unteren Grenze des Ortsteins Weiterbildung desselben eintreten und sich derselbe in immer tiefere Bodenlagen erstrecken. Da aber einzelne Theile für Wasser wohl leichter durchdringbar bleiben, oder durch örtliche Bedingungen die Wasser an bestimmten Stellen stärker einwirken, so wird die Abscheidung an solchen Stellen besonders beschleunigt werden, und es entstehen so die dichten, festen „Töpfe“ von Ortstein. Noch sichtlicher wird diese Wirkung an denjenigen Stellen, wo eine doppelte Ortsteinschicht gebildet ist. Die tiefer liegende Schicht ist dann stets von beschränkter Ausdehnung, oft nur wenige Fuß breit und dann stets mit der überliegenden durch einzelne mehr oder weniger starke „Töpfe“ verbunden. Die „Töpfe“ müssen also als die normale Weiterbildung des Ortsteins betrachtet werden.

Was die Entstehung der vom Verfasser als „unterer brauner Ortstein“ bezeichneten Bildung betrifft, so liegen nicht genug Beobachtungen vor, um schon jetzt ein abschließendes Urtheil zu geben. Wahrscheinlich sind es Bodenschichten, die dauernd mäßig feucht gewesen sind, sich mit humosen Lösungen und Niederschlägen vollgesogen haben und bei einem eintretenden Austrocknen jene feste, zähe Beschaffenheit angenommen haben, die sie so sehr bezeichnet.

Es ist so nachgewiesen, daß im Ortstein ein Gebilde vorliegt, welches, wenn auch überwiegend im Gebiet des Flachlandes vorkommend, doch in jeder Gegend

[1]) Vergl. das obige Referat S. 73.

Digitized by Google

und in jeder Formation gebildet werden kann, wenn die Bedingungen des Auftretens gegeben sind. Der noch mögliche Einwurf, warum dann nicht auf allen armen Sandböden auch Ortsteinabscheidungen eintreten, ist zur Zeit noch nicht zu beantworten. Erst ein gründliches Studium der Humussubstanzen wird diese Frage beantworten können. Wahrscheinlich scheint es, daß zur Ortsteinbildung ein gewisser Feuchtigkeitsgrad nothwendig ist; in vielen Gebieten findet sich Ortstein nur in den Ebenen, während die höheren Lagen frei sind, obwohl die Auswaschung der Sande eine weit fortgeschrittene und echte Bleisandbildung eingetreten ist.

Verfasser führt am Schluß seiner Arbeit noch mehrere Sekundärbildungen an, so z. B. die in diluvialen Sanden, namentlich in dem geschichteten unteren Diluvialsande auftretenden eisen- und thonhaltigen Konkretionen. In diesen Abscheidungen sind, wie die angeführten Analysen darthun, wesentliche Anreicherungen eingetreten, als Folge des starken Absorptionsvermögens des Thones und Eisens. Ferner wurden vom Verfasser näher untersucht: eisenschüssige, nicht verkittete Sande, Mangansand und durch kohlensauren Kalk verkitteter Sandstein (Kalkstein). Die Analysen ergeben ein ganz auffälliges Ansammeln einzelner Stoffe an bestimmten Stellen. Während in den Mangansandadern mehr als vier Procent Manganverbindungen enthalten sind, findet sich in dem direkt daran anlagernden eisenschüssigen Sand kaum eine Spur davon. Weniger scharf gilt dies für die Kalkkonkretion im kalkigen Sandstein.

Diese Abscheidungen sind unter den vorliegenden Verhältnissen wahrscheinlich durch den Verlauf der Bodengewässer sehr beeinflußt, welche in relativ hoher Lage fließen müssen, auch als Quellen hervortreten, und so an denjenigen Stellen, wo sie mit der Luft in Berührung kommen, ihre Kohlensäure verlieren und dadurch zu reichlichen Abscheidungen der verschiedenen gelösten Salze Veranlassung geben können. *E. W.*

E. Ramann. **Ueber Bildung und Kultur des Ortsteins.** Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1. Heft. 1886.

H. Vogel. **Memminger Almerde.** Berichte des Augsburger naturhistorischen Vereins 1885. S. 163—166.

R. Heinrich. **Ueber Boden-Bonitirung und -Kartirung.** Zeitschrift f. Vermessungswesen. Bd. XIV. 1885. Heft 11. — Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin. 1886. Nr. 178 und 179.

W. Knop. **Einige Bemerkungen zur Analyse der Ackererden.** Landw. Versuchsstationen. Bd. XXXI. 1885.

E. Heiden. **Beitrag zum Absorptionsvermögen des Sandbodens.** Ibid.

F. W. Dafert. **Kleines Lehrbuch der Bodenkunde.** Bonn. 1885. Emil Strauß.

G. Marek. **Ueber den Einfluß der Bodenart auf den Ertrag, Stärkegehalt und die Erkrankung verschiedener Kartoffelsorten.** Fühling's landw. Zeitung S. 74—85 und S. 146—155.

Digitized by Google

II. Physik der Pflanze.

Das Wachsthum der Lichttriebe der Kartoffelknollen unter dem Einflusse der Bewurzelung.

Von Dr. **Carl Kraus** in Triesdorf.

Es ist allgemein bekannt, daß die Kartoffelknollen in dunklen Räumen Triebe von oft beträchtlicher Länge entwickeln, während sich nur kurze Sprosse ausbilden, wenn dieselben dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt sind. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, Knollen, welche vor dem Auslegen welken gelassen werden, an Oertlichkeiten auszubreiten, wo das Licht auf sie einwirken kann.

Ich habe den Nachweis erbracht[1]), daß die Triebe auch im Lichte kräftig und normal wachsen, wenn durch die Versuchsanstellung bewirkt wird, daß an den von Anfang an beleuchteten Sprossen Wurzeln sich ausbilden. Es wird sogar der nachtheilige Einfluß des Lichts schon dann aufgehoben, wenn die Wurzeln nicht einmal an der Basis der betreffenden Triebe selbst sich befinden, sondern anderen, aus demselben Mutterknollen entspringenden Trieben angehören. Man kann nämlich den Versuch so einrichten, daß man einen Knollen auf nassen Sand legt oder in denselben theilweise eingräbt, die aus dem Sandtheile entstehenden Sprosse an der Sandoberfläche abschneidet, ihre bewurzelten Basalstücke aber am Mutterknollen läßt.

Die angezogenen Versuche hatten den fördernden Einfluß der Bewurzelung auf das Wachsthum der Lichttriebe ausnahmslos ersehen lassen, sie hatten aber bei der schwächeren Beleuchtung während der Winter- und

[1]) Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. III. Heft 5. p. 182. Diese Zeitschrift. Bd. VIII. p. 281.

Digitized by Google

ersten Frühjahrsmonate stattgefunden. Es war wünschenswerth, festzustellen, ob dieser merkwürdige Gegensatz zwischen Lichtwirkung und Bewurzelung auch für die Jahreszeit mit stärkster Lichtintensität gelte, also auch während der Sommermonate und im Freien in gleicher Weise durch die Bewurzelung ein kräftiges, normales Wachsthum der Lichtkeime hervorgerufen werden könnte. Außerdem machte die Ermittelung der Ursächlichkeit dieses eigenthümlichen Verhaltens weitere Versuche nothwendig, über deren Ergebnisse hier gleichfalls berichtet wird.

I. Das Verhalten der Lichtsprosse an eingewurzelten Kartoffelknollen.

a. Die Triebe entwickeln sich frei in der Luft, im Freien, den größten Theil des Tages der Sonne ausgesetzt.

Versuch 1. In einen mit Erde gefüllten Blumentopf wird ein Knollen von Red skinned Flourball aufrecht so eingepflanzt, daß der Gipfel (die Krone) einige Centimeter über die Erdoberfläche hervorragt. Der Topf kommt ins Freie zu stehen, an einen Ort, wo er den größten Theil des Tages besonnt ist. Aus dem im Boden befindlichen Knollentheile kommen Sprosse zur Entwickelung. Dieselben werden, sobald sie über die Erdoberfläche hervordringen, sofort abgeschnitten, ihre Basalstücke mit den Wurzeln im Boden bleiben erhalten.

Es entwickelte sich aus dem Knollengipfel ein kräftiger Trieb von normaler Ausbildung und normaler Blattentfaltung. Derselbe wurde 56 cm lang und blühte reichlich. Anfangs September wurden die Blätter von unten nach oben am Stengel gelb, der Mutterknollen begann von der Oberfläche her zu zerweichen. Beim Herausnehmen zeigte sich, daß der Knollen durch die Basalstücke von 4 im Boden entstandenen Trieben eingewurzelt war. Diese Stengelstummel hatten im Boden Ausläufer gebildet, an welchen 4 ziemlich große Knollen entstanden waren. Der vollständig frei im Lichte gewachsene Sproß hatte keinerlei Wurzeln ausbilden können.

Versuch 2. Ein Knollen der gleichen Sorte hatte unter gleichen Bedingungen bis Anfang August einen kräftigen 10 cm langen Stengel mit normalen Blättern ausgebildet. Als derselbe an der Basis abgeschnitten ward, trat starke Blutung aus der Schnittfläche ein, obwohl

Digitized by Google

der Stengel selbst keinerlei Wurzeln trug, dann wurde der Stummel gelb und starb ab, der Mutterknollen begann zu zerweichen.

Versuch 3. Ein Knollen der gleichen Sorte und ebenso kultivirt wie die vorigen hatte längere Zeit keine Neigung, einen kräftigen Lichttrieb aus dem Gipfel zu entwickeln. Es befand sich zwar am Gipfel eine Knospe mit frischen, grünen Blättern, dieselbe begann sich aber erst Anfangs August kräftig zu strecken und zu einem 40 cm langen kräftigen Stengel mit normalen Blättern heranzuwachsen. Dann wurde der Trieb auf einmal gelb und starb ab, der Mutterknollen hatte zu zerweichen begonnen. Beim Herausnehmen aus der Erde wurde ein reichliches Netz von Ausläufern vorgefunden, theilweise knollentragend, welches aus 6 Stummeln abgeschnittener Erdtriebe entsprang.

Versuch 4. Ein Knollen der gleichen Sorte wie die vorigen und ebenso behandelt, bildete von Ende April bis Anfang August an dem beleuchteten Gipfel einen starken, völlig unbewurzelten Trieb, welcher 50 cm lang wurde, reichlich blühte, mit dem Zerweichen des Mutterknollens aber allmählich abstarb.

Versuch 5. Ein Knollen einer Sorte mit blauem Fleisch wurde in der nämlichen Weise wie die Knollen der vorigen Versuche in einen Blumentopf gepflanzt, dieser gleichfalls im Freien aufgestellt. Abschneiden der Erdsprosse wie bei den vorigen Versuchen.

Ein voll beleuchteter, unbewurzelter Trieb am Gipfel des Mutterknollens erreichte eine Länge von 78 cm und blühte reichlich. Von Mitte September an vergilbten die unteren Blätter, der Mutterknollen zerweichte. Es hatten sich in der Erde mehrere sehr große Knollen an den Stolonen der Stummel der abgeschnittenen Erdsprosse angesetzt.

b. Die Triebe entwickeln sich frei in der Luft, im Zimmer, dicht am Fenster, täglich mehrere Stunden besonnt.

Versuch 6. Ein Knollen von Red skinned Flourball wurde am 18. April horizontal seicht in nassen Sand gelegt, so daß der gegen die Fensterseite gewendete Gipfel noch voll dem Lichte ausgesetzt war.

Trotz täglich mehrstündlicher Insolation bewurzelte sich ein Lichttrieb am Gipfel und wuchs kräftig weiter. Am 6. Juni maß er 21 cm, sein Stengel hatte an der Basis 1 cm Durchmesser, sein größtes Blatt maß vom Ansatz bis zur Spitze 7,5 cm. Als er an dem angegebenen

Digitized by Google

Datum abgeschnitten worden war, entstand an der Basis ein kräftiger Seitenzweig, außerdem aus einem anderen gleichfalls von Anfang an beleuchteten Auge ein ebenfalls normaler Trieb. Der erstere Zweig wurde bis zum Zerweichen des Mutterknollens 9, der letztere 6 cm lang. Beide hatten normal entfaltete Blätter.

Versuch 7. Ein Knollen der gleichen Sorte wurde am 16. Mai mit der Längsachse horizontal in nassen Sand seicht eingebracht, der Gipfel gegen das Fenster gewendet und voll dem Lichte ausgesetzt. Der Knollen hatte bis zum Beginn des Versuchs im dunklen Keller verweilt. Es waren schon mehrere Knospen, besonders am Gipfel, zu 10—15 mm langen Trieben ausgewachsen. Diese Triebe wurden bis auf einen am Gipfel, der 15 mm maß, entfernt, dieser speciell ins Auge gefaßt.

Der beobachtete Trieb befand sich frei im Lichte, aber dicht an der Sandfläche. Die starke Beleuchtung erschwerte die Wurzelbildung an seiner Basis, sie kam aber schließlich doch zu Stande und wurde dadurch gefördert, daß oberhalb ein mit Wasser gefülltes Gefäß aufgestellt war, in welches ein Baumwollfaden tauchte, von dessen nach abwärts hängenden Ende beständig Wasser auf die Basis des Triebs tropfte. Ueberdies wurden die Würzelchen mit Filtrirpapier bedeckt, sobald sie eine solche Länge erreicht hatten, daß sich die Bedeckung ohne Verdunkelung der Triebbasis ausführen ließ.

Bis Anfang Juni waren schon mehrere Wurzeln in den Sand gedrungen, die Wachsthumsregungen in dem Triebe beschränkten sich aber bis dahin auf die Entstehung kurzer Seitentriebe. Dieselben wurden am 10. Juni entfernt, um nicht allenfalls das Wachsthum des Haupttriebs zu beeinträchtigen.

Bis zum 13. Juni war der bewurzelte Trieb noch immer nicht gewachsen, seine Basis hatte sich etwas verdickt, seine Endknospe sah kümmerlich aus, die Blätter waren winzig klein, gelblich, zusammengefaltet. Anstatt daß die Hauptachse des Triebs sich verlängert hätte, brach ein Seitensproß hervor, welcher kräftig wuchs, am 25. Juni 8 cm maß und große, normale Blätter trug. Außer ihm befand sich an der nichtgewachsenen Hauptachse ein anderer kürzerer Seitensproß. Nicht weit von dem von Anfang an beobachteten Trieb war an der Fensterseite aus der Flanke des Mutterknollens ein kräftiger normaler Trieb mit eigenen Wurzeln entstanden, zur Zeit 10 cm lang. Um zu sehen, ob denn die

Digitized by Google

Gipfelknospe des beobachteten Haupttriebs gar nicht zum Wachsthum gebracht werden könnte, wurden die beiden Seitensprosse des Haupttriebs, sowie der eben erwähnte Flankentrieb, dieser sammt seinen Wurzeln, am 25. Juni entfernt.

Bis zum 9. Juli war der Haupttrieb wieder nicht gewachsen, seine kümmerliche Endknospe war noch unverändert vorhanden, dafür war dicht neben ihr ein neuer kräftiger Seitensproß entstanden, mit großen, normalen Blättern, zur Zeit 9 cm lang. Derselbe wurde abgeschnitten, und ebenso alle weiter erscheinenden Seitensprosse entfernt. Die Endknospe des von Anfang an beobachteten Haupttriebs wuchs nicht weiter und ging schließlich verloren.

Nachdem alle Seitensprosse, sobald sie zum Vorschein kamen, fortgesetzt beseitigt worden waren, begann vom 28. Juli ab auf dem (natürlich beleuchteten) Rücken des Mutterknollens eine Knospe zu treiben. Dieselbe wurde bis zum 24. August zu einem 30 cm langen, normalen Trieb, selbstverständlich ohne daß er im Stande gewesen wäre, eigene Wurzeln zu entwickeln. Er wurde nunmehr abgeschnitten. Es erschienen fortgesetzt neue Achselsprosse, von Anfang September ab begann der Mutterknollen abzusterben. Derselbe war durch die Wurzeln des anfänglich beobachteten, wie erwähnt, nicht gewachsenen Triebes reich eingewurzelt, und es hatten sich auch hier mehrere große Knollen angesetzt.

c. Die Triebe entwickeln sich in feuchter Luft unter einer Glasglocke. Die Behälter sind im Zimmer dicht am Fenster aufgestellt und täglich mehrere Stunden besonnt.

Versuch 8. Ein mittelgroßer Knollen der weißfleischigen Zwiebelkartoffel wurde am 16. Mai auf nassen Sand gelegt und mit einer dünnwandigen Glasglocke bedeckt. Der Knollen hatte zu dieser Zeit schon einige bis 1 mm lange Triebe entwickelt. Der Gipfel war gegen die Fensterseite gekehrt.

Zuerst entstanden Triebe aus der Unterseite (Sandseite) des Knollens. Dieselben wurden abgeschnitten, so daß nur ihre bewurzelten Fußstücke am Mutterknollen blieben und durch diese der ganze Knollen im Sande befestigt war.

Auf der Fensterseite entstand ein von Anfang an vollbeleuchteter Trieb, der selbst Wurzeln bildete und reichlich aus sämmtlichen Blättern

Digitized by Google

blutete. Gleichzeitig hatten die meisten an demselben Knollen auf der Lichtseite befindlichen, höchstens 5 mm langen (unbewurzelten) Luftsprößchen klare Tropfen an den Blattspitzen. Beiderlei Blutungen dauerten tagelang fort.

Als der ersterwähnte bewurzelte Sproß 30 mm lang war, mit zwei normalen, entfalteten Blättern, verfaulte seine Spitze, es entwickelte sich dafür aus ihm ein Seitentrieb mit normalen Blättern, welcher nach Erreichung einer Länge von 9 cm abgeschnitten wurde. Von jetzt ab kamen zwei Sprößchen ins Wachsen, eines am Rücken des Knollens, das andere in der Nähe des Gipfels. Nur letzteres hatte Gelegenheit, eigene Wurzeln zu treiben. Bei beiden aber starb nach erreichter Länge von 40 u. 50 mm die Spitze ab, es entstanden wieder Achselsprosse, welche bei einer Länge von 16 u. 19 cm abgeschnitten wurden. Deren Wuchs war zwar schwächlich, aber sonst normal, namentlich ist dies bezüglich der Blattentfaltung hervorzuheben. Auf den Stengeldurchschnitten dieser Achselsprosse trat Blutung ein, nicht allein auf dem Querschnitt des selbstbewurzelten, sondern auch des unbewurzelten Rückentriebs.

Weiterhin brachen neuerdings Seitensprosse hervor, bis von Mitte Oktober ab der Mutterknollen abzusterben begann.

Versuch 9. Ein Knollen von Red skinned Flourball hatte im schwächeren Lichte Triebe von höchstens 17 mm Länge entwickelt. Derselbe wurde am 16. Mai in nassen Sand vertikal eingepflanzt, aller Triebe bis auf einen am Gipfel beraubt und bis hart am Ansatz desselben mit nassem Sand überdeckt, dann eine dünnwandige Glasglocke übergestülpt.

Der Trieb machte mehrere Wurzeln in den Sand und war am 6. Juni 25 mm lang. Er hatte mehrere kurze Seitensprößchen, welche jetzt entfernt wurden. Seine Endknospe war aber bis zum 11. Juni abgestorben, dafür wuchs ein Achselsproß kräftig weiter. Er war am 16. Juni 30 mm lang und hatte zwei normal ausgebreitete Blätter. Der Trieb selbst sammt seinen Blättern und Achselknöspchen war auf der Oberfläche stark naß, die Spitze der Blätter bräunlich. Die Untersuchung ergab, daß der Mutterknollen zu faulen begonnen hatte.

Versuch 10. Ein Knollen einer blaufleischigen Sorte wurde am 15. Mai in einem großen, dünnwandigen Glasgefäß freischwebend so aufgehängt und soviel Wasser eingegossen, daß er zur Hälfte im Wasser war. Die Längsachse des Knollens war horizontal, die Spitze zum Fenster

Digitized by Google

gekehrt, die kräftigsten Gipfelknospen befanden sich eben hart über dem Wasserpiegel.

Es entstand zunächst ein dicker Trieb am Gipfel, von Anfang an vollbeleuchtet, welcher Wurzeln ins Wasser sendete. Am 18. Juni war er 6cm lang und ersichtlich normal, auch bezüglich seiner Blätter. Am 31. Juni maß er 7cm. Mit seinen Wurzeln abgenommen und in Nährstofflösung übertragen, wuchs er kräftig weiter.

II. Das Verhalten nicht bewurzelter Lichtsprosse an nicht eingewurzelten Kartoffelknollen.

a. Die Triebe entwickeln sich frei in der Luft.

α. Die Behälter sind im Zimmer dicht am Fenster aufgestellt und täglich mehrere Stunden besonnt.

Versuch 11. Parallelversuch zu Versuch 6. In denselben Behälter wie der Knollen des Versuchs 6 kommt ein Knollen der gleichen Sorte in gleicher Weise zu liegen. Die auf der Sandseite erscheinenden Triebe werden immer gleich sammt ihren Wurzeln ausgebrochen.

Das Wachsthum der Lichtkeime ist kümmerlich. Am 6. Juni maß der stärkste Gipfeltrieb nur 22mm, seine Endknospe war schwächlich, deren Blätter klein und in der Knospenlage; bis zum 20. Juni war die Endknospe abgestorben, dafür hatten mehrere Achselknospen angetrieben. Es gelangte aber keine von ihnen in bemerklicheres Wachsthum.

Ende August hatten die drei längeren Sprosse, welche höchstens 20mm maßen, ihre Spitze verloren, zahlreiche kurze knollige Verzweigungen gebildet und an der Basis zahlreiche Stolonen. Die letzteren werden ebenso wie die Verzweigungen bis auf die kräftigste abgeschnitten. Gleichwohl bleibt das Wachsthum dieser kümmerlich. Bis Anfang Oktober hatte sich an den kurzen Trieben eine Unmasse von Knöllchen gebildet, welche theilweise selbst wieder knollig anschwellende Stolonen hervortrieben. Jetzt begann der Mutterknollen zu faulen, viel später als der Mutterknollen des Versuchs 6.

Versuch 12. Parallelversuch zu Versuch 7. In denselben Behälter wie der Knollen des Versuchs 7 kommt ein zweiter der gleichen Sorte

Digitized by Google

von gleicher Entwickelungsstufe der Sprosse in gleicher Weise zu liegen. Es werden aber hier die Sandsprosse sammt ihren Wurzeln rasch entfernt.

Weder Hauptsprosse noch Verzweigungen derselben zeigen mehr als kümmerliches Wachsthum. Ende August trägt der Mutterknollen zwei krüppelige Triebe, dick, knollig, 25 u. 30 mm lang, bei denen die jeweiligen Spitzen abgestorben und durch Seitenzweige ersetzt worden waren, die aber selbst wieder sofort knollig wurden und ihre Blätter nicht entfalteten. Noch Anfang November war der Mutterknollen gesund, die krüppeligen Triebe trugen zahlreiche Knöllchen und aus diesen zahlreiche, kurze, schwächliche, abwärts gerichtete Stolonen.

Versuch 13. Im November 1884 waren Knollen von Red skinned Flourball halb in nassen Sand gepflanzt worden, der Gipfel nach aufwärts gekehrt, und hatten den Winter über dicht am Fenster zugebracht. Am 15. Mai waren die längeren der über Winter am Gipfel entstandenen Sprosse (die Sandsprosse waren immer gleich sammt ihren Wurzeln entfernt worden) 26 bis 40 mm lang, schwächlich dünn mit kümmerlichen Blättern oder knollig.

Den Sommer über fort beobachtet, zeigte sich trotz der täglich mehrstündigen Besonnung Verlängerung, allerdings sehr spärlich, die Stengel blieben dünn, die Internodien kurz, die Blätter klein, im Allgemeinen wenig ausgebreitet, immerhin hatten aber Ende Juni zwei der Sprosse 65 resp. 70 mm Länge erreicht, die Spitzen starben jetzt meist ab und verdorrten; es entwickelten sich unter dem todten Gipfel Seitensprosse, welche zwar schwächlich blieben, aber doch schon ein kräftigeres Aussehen und größere Neigung zur Blattentfaltung äußerten als ihre Muttersprosse. Mehrfach wurde die Basis der (Haupt-)Triebe knollig, bei anderen der ganze Trieb mit frühzeitigem Absterben der Spitzen. Die größten der zur Entfaltung kommenden Blätter maßen mit dem Stiel 15 bis 20 mm, und deren Spreite war ebenso einfach wie jene der Anfangsblätter von Sämlingspflanzen. Mitte September begannen die Triebe ganz abzusterben, die Mutterknollen zu zerweichen.

Ein kräftiges Wachsthum wie bei Lichttrieben eingewurzelter Knollen war demnach in keinem Falle zu Stande gekommen, das gesammte Wachsthum, die gesammte Ausbildung der Stengel und Blätter war schwächlich geblieben, aber nicht so, als ob die verstärkte Lichtwirkung über Sommer das Wachsthum überhaupt unterdrückt und, abgesehen von den

Digitized by Google

zu Knollen werdenden Trieben, krüppelhafte Bildungen hervorgerufen hätte. Man müßte die Triebe für schlecht ernährt halten, könnte aber die bis 70 mm gewachsenen Sprosse und deren nach Absterben der Spitze auftretenden Verzweigungen ebensowenig krüppelhafte Bildungen nennen wie die schwächlichen Stengel von Pflanzen, welche aus Aussaaten von Kartoffelsamen dem kleinen Keim entsprechend zum Vorschein kommen oder aus recht schwachen Augen z. B. in der Nähe des Nabelendes der Kartoffelknolle hervorgehen. Immerhin weicht das Ergebniß auffällig ab von den Versuchen 11 und 12 und anderen früheren Beobachtungen, bei welchen nicht einmal dies schwächliche Wachsthum eingetreten und die Neigung, an der Spitze abzusterben und in Haupt- und Nebenachsen knollig zu werden, viel größer gewesen war.

Versuch 14. Im November 1884 waren 3 Knollen von Snowflake auf nassen Sand gelegt und in schwächerem Lichte aufgestellt worden. Am 15. Mai maßen die Triebe bei

Knollen 1: 35, 42, 75 mm;
Knollen 2: 12, 30, 33, 35 mm;
Knollen 3: 110 mm.

Auch der längste Trieb war schwächlich, sowohl im Stengel als hinsichtlich der kleinen, wenig entfalteten Blätter. Nunmehr wurden die Behälter dicht ans Fenster gestellt. Die Längen waren (Millimeter):

	Knollen 1	Knollen 2	Knollen 3
am 23. Mai . .	40, 52, 78	12, 33, 35, 38	120, 15
am 3. Juni . .	50, 52, 78	12, 33, 35, 40	145, 15.

Der lange Trieb aus Knollen 3 hat bis 2 mm dicke Blüthenknöspchen, die Blätter sind epinastisch zurückgebogen, längstes (mit Stiel) 22 mm. — Weiterhin zeigte sich große Neigung, an der Basis Stolonen zu entwickeln, besonders beim langen Triebe. Dieser maß am 26. August 160 mm. Seine Basis war knollig, hatte zahlreiche, abwärts gewendete Stolonen, deren mehrere zu kleinen Knöllchen angeschwollen waren. Internodien sehr kurz (höchstens 10 mm lang), längstes Blatt 25 mm. Der Stengel beginnt jetzt von der Spitze her abzusterben, die Blätter sind schon gelblich gefärbt, der Mutterknollen schrumpft zusammen. Der neben diesem Trieb am gleichen Mutterknollen befindliche Trieb, welcher Anfang Juni 15 mm maß, ist zu einem 35 mm langen, knolligen Trieb mit abge-

Digitized by Google

storbenem Gipfel geworden, mit einem Seitenknöllchen und mehreren kurzen Achseltrieben.

Bei den beiden anderen Knollen erreichte der längere von Knollen 1 schließlich 90 mm Länge, derselbe hatte im Winkel der unteren, wenig entfalteten Blättchen höchstens 20 mm lange Achselsprosse von horizontalem Wuchse gebildet. Am 26. August ist der Trieb im Absterben, wie auch der Mutterknollen. An der Triebbasis befindet sich eine große Zahl kurzer, dünner Knollensprosse, von denen einige schon zu Knöllchen geworden sind.

An den übrigen Trieben sind die Spitzen abgestorben, an der Basis beginnen sich immer mehr Knöllchen auszubilden, von Mitte September an sind auch diese Mutterknollen im Zerweichen begriffen.

Der Versuch 14 hat in seinem Verlaufe große Aehnlichkeit mit dem unter gleichen Bedingungen verlaufenen Versuch 13. Es hatte auch in Versuch 14 ohne Wurzeln kein normales Wachsthum stattgefunden, über Sommer aber hatte sich ein langsames Wachsthum eingestellt, das den Eindruck nicht der Verkümmerung durch Lichtwirkung, sondern durch Nahrungsmangel machte. Ein Trieb hatte den normalen Ablauf der ganzen Entwickelung bis zur Blüthe durchgemacht.

γ. Die Behälter befinden sich erst im Freien, den größten Theil des Tages besonnt, später im Zimmer dicht am Fenster.

Versuch 15. Parallelversuch zu Versuch 2. Ein Knollen von Red skinned Flourball wird in den gleichen Behälter wie der Knollen vom Versuch 2 und in gleicher Weise eingepflanzt, jedoch täglich herausgenommen und der im Boden entstandenen Triebe sammt ihren Wurzeln beraubt. Der Boden wird sehr feucht gehalten.

In der gleichen Zeit, in welcher der Knollen des Versuchs 2 den kräftigen 10 cm langen normalen Stengel bildete, entstand bei dem unbewurzelten Knollen nur ein kümmerlicher, 25 mm langer Gipfellichttrieb mit kleinen, nicht entfalteten Blättchen; bis zum 8. August war der erst entstandene Lichttrieb ganz verdorrt, er hatte theilweise durch Achselsprossung 40 mm Länge erreicht. Nun war aber daneben ein zweiter Trieb hervorgewachsen, welcher zur Zeit 10 mm mißt.

Anfang September wurde der Behälter wegen rauher Witterung ins Zimmer genommen und dicht am Fenster aufgestellt. Anfang Oktober

Digitized by Google

war die Spitze dieses zweiten Lichttriebs abgestorben, dafür ein Seitensproß entstanden, welcher am 3. Oktober 38 mm lang war. Sehr bemerkenswerth war die Beschaffenheit der an ihm befindlichen Blätter. Dieselben waren zwar klein (25—30 mm lang incl. Stiel), sahen aber sonst normal und namentlich üppig grün aus. Noch merkwürdiger war, daß dieser kurze Trieb an seiner Spitze ziemlich große Blüthenknospen trug. Der Hauptstamm selbst war zu einem langgestreckten Knöllchen geworden, dessen Durchmesser an der stärksten Stelle 14 mm war.

Am 16. Oktober waren zwei Blüthenknospen dem Oeffnen nahe, sie wurden aber weiterhin abgestoßen. 20 mm unter dem Gipfel schwoll ein Achselsproß zu einem Knöllchen an, welches am 5. November, wo es abgeschnitten wurde, 24 mm dick war.

Am 10. November waren Mutterknollen und Gipfeltrieb noch völlig gesund, letztere an der Spitze mit 6 normal auseinandergebreiteten, mit 1—2 Fiederpaaren versehenen Blättchen (längstes mit Stiel 30 mm) besetzt, die Blätter bei der Kürze der Internodien dicht beisammenstehend.

Vom Wachsthum der Triebe in Versuch 11 und 12 unterschied sich das Wachsthum bei Versuch 15 durch stärkere Blattbildung, sowie dadurch, daß der so kurz gebliebene Stengel gleichwohl den normalen Entwickelungsverlauf einschließlich der Blüthe durchgemacht hatte.

Anfangs Dezember befanden sich am Gipfel die Stielchen der abgestoßenen Blüthen, gleich unterhalb dieser dicht zusammengedrängt 6 normal aussehende und normal auseinandergebreitete Blätter mit 2 Paar Fiederblättchen, deren längstes mit Stiel 30 mm maß, demnach nicht mehr (ebenso wenig wie der knollige Stengel) gewachsen war. Drei Seitentriebe gleich unterhalb des beblätterten Gipfels waren zu Knöllchen herangewachsen, von denen wieder seitliche Sprosse sich zu Knollen entwickelt hatten. Der Mutterknollen beginnt nunmehr zu verfaulen, die Blätter des Knollensprosses vergilben und fallen ab.

Versuch 16. Ein anderer Knollen von Red skinned Flourball wurde gleich dem vorigen eingepflanzt und zwar in nassen Sand, die Spitze einige Centimeter über demselben; ebenso wurden die Sandtriebe mit ihren Wurzeln fleißig entfernt. Der Behälter wird im Freien aufgestellt.

Während des Aufenthalts im Freien bildete sich ein kümmerlicher Gipfeltrieb, dessen Spitze abstarb. Die 6 mm lange Basis des Triebs wurde etwas knollig und entwickelte, nachdem inzwischen (Anfangs Sep-

Digitized by Google

tember) auch dieser Behälter im Zimmer dicht am Fenster aufgestellt war, bis Anfang Oktober einen Lichttrieb von ähnlichem Aussehen wie der beschriebene des Versuchs 15. Anfang November maß er 45 mm, er war langgestreckt knollig (Durchmesser 20 mm an der dicksten Stelle), hatte kleine (20—25 mm lange) aber normal ausgebreitete und im Umriß normal aussehende Blätter gebildet und am Gipfel Blüthenknospen, die aber nicht zum Oeffnen kamen. Aus den Blattwinkeln waren zahlreiche Triebe hervorgewachsen, die aber sämmtlich gleich wieder zu Knöllchen anschwollen.

Am 10. November sieht der Trieb mit seinen knolligen Seitensprößchen und den verhältnißmäßig entwickelten Blättern an seinem und dem Gipfel der knolligen Seitensprosse ganz eigenthümlich aus, ein richtiges Mittelding en miniature zwischen einem beblätterten Stengel und einem knolligen Verzweigungssystem. Mutterknollen und Trieb sind zur Zeit ganz gesund.

Von Anfang Dezember ab beginnt der Mutterknollen zu faulen, die Blätter des Gipfelsprosses (die knolligen Bildungen haben sich inzwischen vergrößert) zu vergilben und abzudorren.

Versuch 17. Parallelversuch zu Versuch 5. Ein Knollen der blaufleischigen Sorte wurde analog dem Knollen in Versuch 5 in einen Topf gepflanzt, analog wie in Versuch 16 täglich herausgenommen und der Erdtriebe beraubt. Der Behälter ist im Freien aufgestellt, kommt aber Anfangs September ins Zimmer, wo er dicht am Fenster aufgestellt wird.

Bis Anfang August hat sich ein Trieb aus dem beleuchteten Gipfel zu einem 30 mm langen Knöllchen ausgebildet, dessen Spitze abgestorben ist. Es bildet sich ein Achseltrieb, welcher jetzt 30 mm lang ist. Dann stirbt dessen Spitze ab, es entstehen wieder neue, immer kräftiger ausdauernde und wachsende Seitentriebe. Das kräftigere Wachsthum hebt etwa von Anfang September ab.

Am 16. Oktober ist der Stand folgender: Vom primären (Haupt-) Trieb ist ein 20 mm langes Knöllchen übrig, vom ersten Achseltrieb desselben ein ebensolches von 10 mm; der folgende Trieb dritter Ordnung sieht normal aus, kräftig, dickstengelig und mit größeren normal ausgebreiteten Blättern (längstes Blatt 50 mm). Dieser Sproß wurde 70 mm lang, dann starb seine Spitze ab, in der Nähe derselben entstand ein durchaus normalwüchsiger Achseltrieb, welcher 100 mm lang wurde.

Von Anfang November ab begann der jüngste Sproß von der Spitze

Digitized by Google

her zu vergilben und abzusterben. An der Basis des primären Knöllchens (gleich am Mutterknollen) war eine Anzahl kurzer Stolonen zu Knöllchen angeschwollen. Diese waren auf der Oberfläche stark behaart und trugen eigenthümlicherweise zahlreiche, dick zähflüssige Tröpfchen von stark süßem Geschmack, farblos oder schwach gelblich gefärbt.

Anfangs Dezember war der kräftige Trieb abgestorben bis 50 mm über dem Ansatz, das Basalstück war noch ganz gesund. An der Basis des primären Knöllchens hat sich die Zahl der Seitenknöllchen vermehrt. Weiterhin stirbt der Mutterknollen ab, die am Gipfel produzirten knolligen Bildungen bleiben lebendig.

Versuch 18. Ein Knollen der blaufleischigen Sorte wurde in allem ebenso behandelt wie jener des Versuchs 17, so daß auch hier die Lichttriebe und Mutterknollen völlig unbewurzelt blieben.

Zuerst entstand ein 25 mm langer, knolliger Trieb, dessen Spitze abstarb. Von Ende August ab war ein ganz neuer Trieb (aus einem anderen, von Anfang an vollbeleuchteten Auge) hervorgegangen, welcher zur Zeit des Einbringens ins Zimmer schon 55 mm maß und kräftige, noch nicht ganz entfaltete, aber schon bis 35 mm lange Blätter hatte.

Bis Anfang Oktober war dieser Trieb 42 cm lang, an der Basis knollig, seine Blätter maßen (mit dem Stiel) 35 — 40 mm und waren normal ausgebreitet.

Am 16. Oktober maß der Trieb 50 cm, er hatte Blätter bis 50 mm lang. Am 22. Oktober war der Stengel 51 cm lang, ganz gerade, 9 cm unter seiner Spitze befand sich die Inflorescenzanlage, deren Blüthenknospen vor dem Oeffnen abgestoßen wurden. Weiter abwärts am Stengel waren kurze Seitensprosse entstanden, jene der Basis waren kurze Stolonen.

Von Anfang Oktober an begannen die Blätter am Trieb aufwärts abzusterben, am 10. November waren nur noch einige an der Stengelspitze grün, zwei der Stolonen an der Basis waren zu Knöllchen geworden, deren eines Zuckertropfen an der Oberfläche ausschied. Die, wie erwähnt, knollige Basis des Haupttriebs selbst hatte inzwischen wesentlich an Dicke zugenommen.

Am 3. Dezember war der Mutterknollen noch gesund, der Sproß abgestorben und vertrocknet bis 18 cm über der Basis. Im unteren Theil trug er drei ziemlich große Knollen, von welchen zwei an ihrer Krone Zuckertropfen hatten. Ende Dezember begann der Mutterknollen zu zerweichen.

Digitized by Google

Hier schließe ich an

Versuch 19. Zwei Knollen der blaufleischigen Sorte wurden auf den Grund eines Blumentopfs gelegt und dieser mit Sand gefüllt, so daß sich die Kronen 8 cm unter der Sandoberfläche befanden. Als die Stengelspitzen aus dem Sand hervorgebrochen waren, wurden die Knollen herausgenommen ohne Beschädigung der Triebe. Dieselben hatten an ihrer Basis ein reiches Geflecht von Wurzeln. Diese wurden sämmtlich entfernt.

Der eine Knollen wurde in nassen Sand seicht gesteckt und sammt seinen Trieben ganz verdunkelt, der andere ebenso auf Sand gebracht, das vorher im Boden gewesene untere Stück mit Baumwolle umhüllt und überhaupt wieder ganz verdunkelt, nur die grünen Stengelspitzen im Lichte belassen. Die neu entstehenden Wurzeln wurden immer gleich entfernt.

Am 13. Juni waren die Triebe, deren Spitze im Lichte war, 85 und 100 mm lang; die gänzlich verdunkelten Triebe des anderen Knollens maßen 60, 65, 80 mm.

Die Dunkeltriebe wuchsen sofort weiter. Sie maßen (mm)

am 15. Juni 80, 85, 105,
„ 18. „ 95, 105, 120,
„ 20. „ 100, 105, 130,
„ 25. „ 105, 110, 140 u. s. w.

Die anderen Triebe dagegen, deren Gipfelknospe beleuchtet, deren unterer Theil verdunkelt war, zeigten längere Zeit kaum ein Wachsthum, erst von Anfang Juli ab wuchs der im Lichte befindliche Gipfel unter Vergrößerung seiner Blätter normal weiter. Die beiden Triebe maßen (mm)

am 18. Juli 100, 110,
„ 8. August 110, 130.

Am letzteren Datum ist die Spitze beider Triebe im Absterben.

γ. Die Behälter sind im schwächeren Lichte, im Hintergrunde des Zimmers, aufgestellt.

Versuch 20. Ein Knollen von Red skinned Flourball wird auf nassen Sand gelegt, der Behälter ohne Bedeckung mit Glasglocke an dem bezeichneten Orte aufgestellt.

Digitized by Google

Das Wachsthum der Sprosse ist kümmerlich. Anfangs Oktober sind zwei Triebe vorhanden, 30 und 35 mm lang, mit kleinen, wenig entwickelten Blättern. Die Basis der Triebe ist starkknollig. Der eine Sproß hat an der Spitze eine Inflorescenz mit schon ziemlich großen, dem Aufblühen nahen Blüthenknospen; bei dem anderen ist die Spitze abgestorben.

Am 16. Oktober mißt der Trieb mit den (6) Blüthenknospen 40 mm, unterhalb dieser ist der Stengel zu einem Knöllchen angeschwollen, die Blüthenknospen sind dem Abfallen nahe. Der andere Trieb hat ein seitliches Knöllchen entwickelt.

Anfangs Dezember ist der Mutterknollen im Faulen. Es haben sich weitere Knöllchen gebildet, sowohl an den beschriebenen zwei Sprossen als aus den anderen Augen; zwei Augenstellen sind mit ganzen Klumpen kleiner Knöllchen bedeckt.

b. Die Triebe entwickeln sich in feuchter Luft, unter einer Glasglocke.

α. Die Behälter sind im Zimmer dicht am Fenster aufgestellt.

Versuch 21. Parallelversuch zu Versuch 8. In dem gleichen Behälter wie der Knollen des Versuchs 8 befindet sich ein ebensolcher der weißfleischigen Zwiebelkartoffel. Die aus der Sandseite entspringenden Triebe werden sammt ihren Wurzeln immer gleich entfernt.

Es entstanden Lichttriebe von kümmerlicher Beschaffenheit, höchstens 15 — 20 mm lang, bei denen meist bald die Spitze abstarb und verschimmelte.

Noch am 10. November war der Mutterknollen ganz gesund, ohne daß aber ein Sproß in bemerkliches Wachsthum gekommen wäre. Die angetriebenen Knospen sind zu dicken Klumpen ganz kurzer Sprosse mit abgestorbenen Spitzen geworden. Es sind nicht einmal Luftknollen wie bei den Versuchen 11, 12, 15, 16, 19 entstanden.

Von Mitte November ab ließ man die Sprößchen auch Wurzeln in den Sand treiben. Das Wachsthum änderte sich hiedurch nicht mehr, sondern wie bei Versuch 24 und 25 entstanden an der Basis der abgestorbenen kurzen Triebe Rhizomsprosse, die bald zu Knöllchen wurden, und es brachen Sprosse des gleichen Charakters aus den Augen selbst hervor: die ganze Entwickelung schloß mit Knöllchenbildung. Mitte Dezember begann der Mutterknollen zu zerweichen.

Digitized by Google

Versuch 22. Parallelversuch zu Versuch 9. Ein ebenso angebrachter Knollen von Red skinned Flourball entwickelte einen unbewurzelten Lichttrieb von 25 mm Länge, der weiterhin kein bemerkliches Wachsthum zeigte und ebenso wenig die gleiche Blattentfaltung und Achselsproßbildung wie die bewurzelten Lichttriebe des Versuchs 9. Zum Unterschied von den bewurzelten Trieben war der Sproß dieses Versuchs 22 auf der Oberfläche völlig trocken.

Versuch 23. Fortsetzung zu Versuch 10. — Nachdem der erst gewachsene, bewurzelte Trieb beseitigt war, wurde der Knollen in der bisherigen Stellung fort beobachtet. Es entstanden Triebe aus anderen Augen, theils auf dem Rücken und Gipfel des Knollens, theils aus seinen Flanken. Von den Flankentrieben wurde ein Sproß belassen, dessen Basis sich im Wasser befand; auch von den Lufttrieben wurde nur einer am Gipfel und einer auf dem Rücken wachsen gelassen, von allen Trieben aber Tag für Tag die Wurzeln beseitigt.

Der Trieb, dessen Basis im Wasser war, wurde an der Basis knollig; er wuchs zu einem ziemlich dicken Stengel von 8 cm Länge mit 22 bis 25 mm langen, normal aussehenden Blättern heran, dann starb die Spitze ab; dafür entstand ein kräftiger Seitensproß, welcher nach Erreichung einer Länge von 12 cm seinerseits die Spitze verlor. Sein längstes Blatt maß 30 mm. Es entstanden an ihm zwei Seitensprosse, von denen der untere 25, der obere 66 mm lang wurde. Auch ihre Spitzen starben weiterhin ab.

Die Lichttriebe über dem Wasser blieben viel kürzer, mit schwächerem Stengel und geringerer Blattentfaltung, mehrfach an der Basis knollig. Als der Wassertrieb 80 mm maß, waren die Lufttriebe 20, 30, 35 mm lang. Diese wurden schließlich bis 55 mm lang, bei den länger werdenden starb aber regelmäßig die Spitze ab.

Als am 2. September der Versuch geschlossen wurde, war der Mutterknollen noch völig gesund.

3. Die Behälter sind im schwächeren Lichte, im Hintergrunde des Zimmers, aufgestellt.

Versuch 24. Ein Knollen von Red skinned Flourball wird auf nassen Sand gelegt und mit einer Glasglocke bedeckt im Hintergrunde des Zimmers aufgestellt.

Digitized by Google

Das Wachsthum war kümmerlich. Es entstanden immer nur kurze, höchstens 20 mm lange Triebe ohne Blattentfaltung, welche meist an der Spitze successive abstarben. Anfänglich, gleich beim Hervorwachsen, sahen sie gesund aus, bald aber schimmelten die Spitzen, und die Triebe verkamen förmlich in der feuchten Luft.

Am 10. November war der Mutterknollen noch völlig gesund. Obwohl derselbe von Anfang November ab durch die Basalstücke von kümmerlichen Sprossen einwurzeln konnte, war doch kein weiteres Wachsthum mehr entstanden. Der Bestand an triebkräftigen Knospen wurde bei dem fortgesetzten Austreiben erschöpft, was später an Trieben erschien, war schwächlich, wuchs mehr oder weniger stolonenartig mit bald absterbender Spitze oder schwoll zu Knöllchen an. (Vergl. Versuch 21.)

Versuch 25. Ein Knollen der blaufleischigen Sorte wurde wie der vorige untergebracht.

Das Wachsthum war ebenso wie beim vorigen Versuch. Auch als von Anfang November ab die Wurzeln (welche sich nunmehr spärlich entwickelten) wachsen gelassen wurden, entstand kein kräftig wüchsiger Trieb, die Triebe waren alle schwächlich, stolonenartig, dafür erschöpfte sich der Mutterknollen in reichlicher Knollenbildung: aus dem Rücken des Mutterknollens entstand eine große Zahl von sich verzweigenden stolonenartigen Sprossen, die sich abwärts wendeten und zu Knöllchen wurden. Auf den Flanken und der Unterseite, mit der der Mutterknollen auf dem Sande lag, entstanden aus den Augen gleichfalls (die Sprosse der Unterseite waren über Sommer mit den Wurzeln immer beseitigt worden) stolonenartige Triebe in großer Zahl, die sich theilweise einwurzelten. Nur ein Stengel wuchs aus dem Gipfel eines Knöllchens hervor. Er war sehr dünn, mit schwächlichen, einfachen, kleinen Blättern und sah aus wie ein Keimstengel oder wie solche, welche aus ganz schwachen Knospen der Kartoffelknolle hervorzugehen pflegen. Wegen erlittener Beschädigung konnte er nicht weiter beobachtet werden.

Die Versuchsergebnisse führen zu den folgenden allgemeineren Bemerkungen und Schlüssen.

1. Es ist kein Fall zur Beobachtung gekommen, in welchem bei sonst normalen Verhältnissen das Wachsthum der Lichttriebe der Kartoffelknollen bei Gegenwart eigener Wurzeln oder bei Einwurzelung durch die Wurzeln an den Fußstücken anderer Triebe des gleichen Knollens kümmer-

Digitized by Google

lich geblieben wäre. Es gilt dies nicht allein für die schwächere Beleuchtung während der Winter- und ersten Frühjahrsmonate, sondern auch über Sommer sind die von Anfang an der vollen Beleuchtung im Freien ausgesetzt gewesenen Triebe zu normalen, kräftigen Sprossen mit großen Blättern herangewachsen, es war sogar deren Wachsthum viel kräftiger als im schwächeren Lichte während der Wintermonate. Der Satz, daß die kümmerliche Entwickelung der Lichttriebe der Kartoffelknollen nur bei Abwesenheit von Wurzeln eintritt, kann als sicher und allseitig begründet angesehen und beigefügt werden, daß sich die Wirkung der Wurzeln nicht allein im Wachsthum der Hauptsprosse, sondern auch ihrer Verzweigungen äußert.

Daß die Wurzeln an den Fußstücken abgeschnittener eingewurzelter Sprosse auf die nichtbewurzelten Triebe des gleichen Knollens die nämliche Einwirkung äußern wie auf die eigenen Triebe, macht sich darin bemerklich, daß auch an der Oberfläche der Blätter der unbewurzelten Triebe Saft hervorgepreßt wird, und an Querschnitten derselben ebenso Blutung eintritt. als ob sie selbst mit Wurzeln versehen wären. Daß die Stellung der Triebe zu dem Orte, wo sich die eingewurzelten Fußstücke befinden, bei diesen Blutungen von Einfluß sein wird, ist von vornherein zu erwarten. In anderweitiger Beziehung interessant ist, daß bei den Versuchen mit aufrecht eingepflanzten Knollen (siehe besonders Versuch 1 bis 6) die Wasserbewegung den ganzen Sommer über durch ein ganz ungewöhnliches Organ, den Knollen, hindurch stattgefunden hat. Man muß erwarten, daß auch eine Bewegung der Assimilate aus den Blättern der kräftigen Sprosse durch den Mutterknollen hindurch in die im Boden sich ausbildenden neuen Knollen stattgefunden hat. Es muß speciellen Untersuchungen überlassen bleiben, die einschlägigen Vorgänge mikroskopisch näher zu verfolgen.

2. Schon in der Eingangs citirten ersten Publikation ist hervorgehoben, daß auch darauf geachtet werden muß, ob nicht Verhältnisse vorliegen, welche andauernde Aenderungen, speciell Verminderung des Wachsthumsvermögens der Triebe, die in den Versuchen beobachtet werden, hervorgerufen haben. So z. B. kann ein Trieb, der bei Mangel an Wurzeln lange Zeit in kümmerlichem Zustande blieb, schon angefangen haben knollig zu werden, oder seine Spitze kann sich schon so verändert haben, daß sie nächstens abgestorben und vertrocknet wäre. Beides kann

Digitized by Google

verursachen, daß spätere Bewurzelung nicht mehr im Stande ist, in ihm kräftiges Wachsthum einzuleiten, sondern solches nur mehr an seitlichen Aussprossungen desselben eintreten kann. Bemerkenswerth ist, daß solche Triebe, welche im Dunkeln auf eine, wenn auch nur geringe Länge heranwachsen, gegen starkes Licht außerordentlich empfindlich zu sein scheinen, so daß ihr weiteres Wachsthum trotz Bewurzelung unterbleiben kann. (Versuch 7.) Ob diese Lichtempfindlichkeit von Dunkelsprossen und, in Zusammenhang hiermit, die erhöhte Neigung solcher Sprosse, seitliche Auszweigungen (im Lichte) zu bilden, allenthalben zutrifft, wie ich dies nach anderweitigen Beobachtungen als den mitgetheilten annehmen möchte, muß erst noch näher festgestellt werden. Ein wesentlicher Unterschied bewurzelter Knollen mit ins starke Licht gebrachten Dunkelsprossen gegenüber dem Verhalten der Lichtsprosse an nicht bewurzelten Knollen äußerte sich aber überall darin, daß bei den ersteren wenigstens die Achselsprosse (selbst wenn sie der Triebbasis zunächst entsprangen) kräftig und normal wuchsen, während bei den nicht bewurzelten Knollen wie das Wachsthum der Hauptsprosse, so auch jenes ihrer Auszweigungen unterblieb.

3. Abgesehen von Versuch 17 und 18 blieb das Wachsthum der Lichttriebe ohne eigene Wurzeln oder ohne Wurzeln an anderen Trieben des gleichen Knollens im stärkeren wie im schwächeren Lichte gering. Wenn auch die Triebe in einigen Fällen etwas länger wurden (siehe besonders Versuch 14), so war das Wachsthum gleichwohl weder hinsichtlich der Dicke der Stengel, noch hinsichtlich der Blattbildung ein kräftiges und nicht so, wie man es nach dem Gehalte des Mutterknollen an Reservestoffen hätte erwarten mögen und im Dunkeln thatsächlich beobachtet. In der Regel fand zwar ersichtlich Auswanderung von Stoffen aus den Knollen in die Triebe statt, die Stoffe wurden aber in diesen statt zum Längenwachsthum gleich wieder zur Knollenbildung verwendet. Die Hauptsprosse selbst wurden vielfach knollig, ohne daß an diesen kurzen Sprossen die normale Aufeinanderfolge der einzelnen Entwickelungsstufen gestört worden wäre: erst ein freilich minimales Sprossen, dann Blüthenbildung, schließlich Knollenansatz, welch letzterer bei dem beschränkten Längenwachsthum im Hauptstengel selbst zur Geltung kommen konnte. (Vergl. Versuch 15, 16, 20, auch 14.) Die Stoffzufuhr zu den nur spärlich sich verlängernden Sprossen bewirkte in der Knollenbildung eine durchgreifende anatomische Veränderung der Sprosse. Es schließt

Digitized by Google

sich dies an früher beschriebene Fälle an[1]), in welchen durch Beseitigung des terminalen Blüthenstandes der einköpfigen Sonnenblume eine enorme Zufuhr von Assimilaten zum Stengel hervorgerufen wurde, welche eine starke Anschwellung desselben mit vollständiger Abänderung des normalen Baues zur Folge hatte. Im Grundgewebe wie in den Gefäßbündeln war eine enorm gesteigerte Zellbildung eingetreten, das Cambium hatte aber nicht normales Holz, sondern kleinzelliges, saftiges Parenchym mit vereinzelten Fasern und Tracheen erzeugt.

4. Ganz ungewöhnlich verhielten sich die Knollen der blaufleischigen Sorte in Versuch 17, 18 (vergl. auch Versuch 19), indem bei diesen kräftige, auch hinsichtlich der Blattbildung normal aussehende Sprosse entstanden, so daß durch diese Sorte eine Ueberleitung zu den länger gewordenen Lichttrieben der Versuche 13 und 14 und zum Verhalten der Sprosse aus Knollen von Helianthus tuberosus gegeben wäre. Ein kleiner Topinamburknollen[2]) wurde mit dem unteren Ende in das Wasser eines Glasgefäßes gebracht; das obere Ende befand sich frei in der Luft und war starkem Lichte dicht am Fenster ausgesetzt. Aus dem Wasserende entsprangen Wurzeln, welche immer gleich in den ersten Ansätzen entfernt wurden. Die Gipfelknospe wuchs langsam, aber stetig zu einem 15 cm langen Triebe heran mit zwar ziemlich kleinen, aber durchaus normal ausgebreiteten und dem Stengel proportionalen Blättern. Am Schlusse des Versuchs war der Knollen im Innern hohl und nur mehr die Rinde und 1—2 mm der Xylemperipherie erhalten.

Ob die Triebe der blaufleischigen Sorte weniger empfindlich sind gegen das Licht als bei anderen Sorten, oder ob die Ursache ihres Verhaltens in der Beschaffenheit der Mutterknollen liegt, oder ob andere Ursachen zur Geltung kommen, ist vorerst nicht zu entscheiden.

5. Die Versuche im feuchten Raum sind im Allgemeinen ungünstig ausgefallen. Es zeigte sich zwar auch unter diesen Verhältnissen der fördernde Einfluß der Bewurzelung auf das Wachsthum der Lichtsprosse, aber deren Spitzen starben bald ab, und Aehnliches zeigte sich auch bei den Ersatzseitensprossen. Die Kartoffeltriebe scheinen den Aufenthalt im

[1]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. IV. p. 380. Bd. VIII. p. 107.

[2]) Die Topinamburknollen bieten manches Eigenthümliche. Ich werde hierauf zurückkommen.

Digitized by Google

feuchten Raum ohne Lüftung eben ganz schlecht zu vertragen, was an das Verhalten vieler Keimpflanzen unter den gleichen Bedingungen erinnert. Dagegen war aus den Versuchen ersichtlich, daß auch im feuchten Raum ohne Wurzeln kräftiges Wachsthum unmöglich ist. Die unbewurzelten Keime oder solche an unbewurzelten Knollen zeigten ebenso wenig oder vielmehr wegen der auch bei ihnen eintretenden Beschädigung in der feuchten Luft sogar weniger Wachsthum als die unbewurzelten Triebe in der freien Luft. Der Mangel der Wurzeln kann auch durch Herabdrückung des Bedarfs an Transpirationswasser nicht ausgeglichen werden, und die früher ausgesprochene Vermuthung, die kümmerliche Entwickelung der Lichtkeime möchte mit der Unfähigkeit der Kartoffelknollen zu rascher und ausgiebiger Wasserbeförderung in Zusammenhang stehen, ist noch ganz im Unsichern.

6. Die Versuche, den Trieben ohne Wurzeln direkt Wasser zuzuführen (Versuch 22), führten vorerst zu keinem maßgebenden Resultate. Der eine Trieb des blaufleischigen, im Wasser schwebenden Knollens wuchs zwar ähnlich, wie wenn er Wurzeln hätte, und trieb ebenso Seitensprosse von kräftigem Wuchse; aber leider gehörte dieser Knollen eben der Sorte an, die sich ungewöhnlich verhielt (vergl. sub 4), was zur Zeit der Anstellung dieses Versuchs nicht bekannt war. Es ist daher möglich, daß dieser Trieb auch ohne direkte Wasseraufnahme das gleiche Wachsthum gezeigt hätte. Das bei den Versuchen im feuchten Raume so störende Absterben der Stengelspitzen trat auch bei Versuch 22 ein.

7. Ueber die näheren Ursachen des auffälligen Zusammenhangs zwischen Lichtwirkung und Bewurzelung beim Wachsthum der Lichtsprosse der Kartoffelknollen läßt sich noch immer nichts Bestimmtes aussagen. Das besondere Verhalten der blaufleischigen Sorte muß das abschließende Urtheil noch wesentlich hinauszögern. Ich habe weitere Versuche im Gange, welche hoffentlich mehr Aufklärung bringen werden.

Die Erklärung, welche *Detmer* versucht hat[1]), kann nicht wohl acceptirt werden. Dieser Forscher konnte nämlich in den Dunkelknollen viel, in den Lichtknollen nur einmal eine Spur Zucker nachweisen, obwohl auch der Saft der Lichtknollen verzuckernd wirkte. *Detmer* meint, das Licht müsse auf irgend welche Processe in den Zellen der Knollen

[1]) Pflanzenphysiologische Untersuchungen über Fermentbildung und fermentative Prozesse. Jena, 1884. Diese Zeitschrift Bd. VII. p. 207.

Digitized by Google

wesentlichen Einfluß üben, welche einen beschleunigten Verbrauch des einmal gebildeten Zuckers herbeiführen und einer Zuckeransammlung in den Zellen entgegenwirken. Das beschränkte Wachsthum der Triebe bei Lichtzutritt sei eine Folge des Mangels an hinreichenden Zuckermengen.

Indessen enthalten auch die gedrungenen Lichttriebe reichlich Stärke[1]), und die knolligen Bildungen an den unbewurzelten Lichttrieben, wie sie so häufig eintreten, beweisen, daß Stoffe aus dem Mutterknollen auch bei Beleuchtung derselben auszuwandern vermögen, sie werden aber eben zum Längenwachsthum nicht verwendet. Es lieferten auch ziemlich frei auf Sand liegende Knollen bei Vorhandensein von Wurzeln kräftige Triebe, neben ihnen liegende unbewurzelte Knollen aber nicht. Und von zwei nebeneinander in gleicher Weise in Erde gegrabenen, nur mit dem Gipfel heraussehenden Knollen entwickelte der unbewurzelte kümmerliche, der bewurzelte kräftige, normale Triebe.

Es wäre noch beizufügen, daß die oben mitgetheilten Beobachtungen auch die Frage anregen, wie sich denn die Ertragsfähigkeit solcher Kartoffelstöcke beim Wachsthum im freien Lande gestalten wird, bei welchen die Triebe aus den seitlichen Augen nicht, wie öfter versucht, durch Ausstechen der Augen von vornherein unmöglich gemacht, sondern erst nach dem Hervorwachsen aus dem Boden abgeschnitten werden, bei welchen also das für die übrig gelassenen Triebe thätige Wurzelvermögen ganz ungemein vergrößert wird. Es scheint, daß alle diese Wurzeln zur Ernährung der bleibenden Triebe beitragen, was sich unter Umständen z. B. in mageren, trockenen Sandböden, wo Nahrung und Wasser schwer zu beschaffen sind, vortheilhaft bemerkbar machen müßte. Freilich erregt die größere Zahl der Knollenansätze, wie sie sich vermuthlich an jedem Fußstück der abgeschnittenen Triebe bilden werden, Bedenken, wenn auch andererseits die mit den vermehrten Ablagerungsorten verbundene raschere Ableitung der Assimilate aus den Blättern die assimilatorische Thätigkeit selbst steigern wird. Natürlich wäre vorausgesetzt, daß, was ja thatsächlich oft der Fall ist, der Mutterknollen bis spät hinaus am Leben bleibt, um den Zusammenhang der bewurzelten Fußstücke der abgeschnittenen Triebe mit den beblätterten erhalten zu können. Jedenfalls verdient die Frage eine Prüfung durch den Versuch.

[1]) Vergl. übrigens die Beobachtungen des Versuchs 17 u. 18: die im Lichte gebildeten Knöllchen der Triebbasis schieden Zuckertropfen aus.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

Arthur Meyer. **Ueber die Assimilationsprodukte der Laubblätter angiospermer Pflanzen.** Botanische Zeitung 1885. Nro. 27—32.

Verf. liefert Untersuchungen zu der Frage, in Form welcher chemischer Verbindungen der assimilirte Kohlenstoff in den assimilirenden Zellen vorübergehend gespeichert wird.

1. Es spricht Nichts dagegen, vielmehr Verschiedenes dafür, daß der assimilirte Kohlenstoff transitorisch in Form von Proteinstoffen in den assimilirenden Zellen gespeichert wird. Der Saft von Alliumblättern, von Tags über beleuchteten Pflanzen Abends entnommen, enthielt 2,03 resp. 0,79 % gerinnende Eiweißstoffe, während 63 resp. 72 Stunden verdunkelte Blätter davon nur 0,371 und 0,417 % enthielten.

2. Eine Speicherung in Form fetten Oels kommt wahrscheinlich nicht vor.

3. Dagegen ist dies umsomehr mit den Kohlehydraten der Fall, besonders mit Stärke. Das Assimilationsparenchym ausgewachsener Blätter ist nicht im Stande, den Nachbargeweben Stärke zu entziehen; solche tritt, wenn man einzelne Stellen von sonst unter günstigen Assimilationsbedingungen befindlichen Blättern verdunkelt, in den verdunkelten Stellen niemals auf.

Zahlreiche Untersuchungen ergaben, daß die Dikotylen fast alle relativ reichlich Stärke speichern, jedoch mit Ausnahmen, wie z. B. an warmen Tagen untersuchte Blätter von Astrantia major und mehrerer Eryngiumarten keine oder nur äusserst wenig Stärke enthielten. Die Monokotylen verhalten sich abweichend: die Dioscoraceen und Juncaceen speichern viel, andere, wie die Gramineen weniger, die meisten Iridaceen u. a. sehr wenig Stärke. Von den Liliaceen speichert eine kleine Anzahl mäßig viel, eine größere Anzahl wenig, viele haben niemals Stärke, Aehnlich verhalten sich die Amaryllideen u. s. w. — Wenn demnach auch in den Blättern der meisten Pflanzen mehr oder weniger Stärke auftritt, so ist dies bei vielen andern wieder nicht der Fall, und kommt letzteres namentlich bei Monokotylen vor. Specielle Prüfungen ergeben, daß diese Differenz in der Fähigkeit der Stärkespeicherung nicht wesentlich abhängt von der relativ reichlichen Ableitung der Assimilate, vielmehr geschieht in diesen Fällen die Speicherung in Form anderer Stoffe. Der Saft relativ reichlich Stärke speichernder Blätter ist arm an Fehling's Lösung reducirenden Stoffen (Glykosen); umgekehrt speichern die meisten Pflanzen, welche wenig oder keine Stärke in den Blättern ablagern, relativ viel lösliche und reducirende Substanzen, höchst wahrscheinlich Glykosen. Außerdem scheinen diese Pflanzen auch relativ viel nicht reducirende Kohlehydrate zu bilden. Wie die Menge der Stärke in stärkereichen Blättern mit den Assimilationsbedingungen wechselt, ist dies auch hinsichtlich der löslichen Kohlehydrate nicht stärkespeichernder Pflanzen der Fall. So besitzt das geringste direkte Reduktionsvermögen der Saft verdunkelt gewesener Blätter; das höchste Reduktionsvermögen der Saft jener Blätter, welche Morgens oder Abends abgeschnitten und noch weiterhin beleuchtet wurden; das mittlere Verhalten zeigt der Saft von Blättern, welche nur einen Tag lang beleuchtet wurden, während sie sich an der Pflanze befanden. Mit der Menge der gespeicherten Glykose steigt und fällt im

Digitized by Google

Allgemeinen der Gehalt der Blätter an nicht reducirenden Kohlehydraten. — Der Saft von Allium porrum enthält Dextrose und (wahrscheinlich nur) Levulose, jener von Yucca filamentosa dagegen Sinistrin, ein Kohlehydrat, das sich an Inulin anschließt.

Die verschiedene Funktion, welche den diversen Kohlehydraten hinsichtlich Speicherung und Wanderung zufällt, steht in Beziehung zu ihrem Molekulargewicht. *C. K.*

A. F. W. Schimper. **Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern.** Botanische Zeitung 1885. Nro. 47—49.

Zur mikroskopischen Feststellung der feineren Vorgänge der Stärkewanderung wurden die Blätter mit Alkohol ausgezogen, dann in eine Lösung von Jod in wässrigem Chloralhydrat gelegt. Nach 12—24 Stunden werden sie völlig durchsichtig, und auch die kleinsten Stärkekörner intensiv gefärbt.

1. Versuche mit Blättern von Impatiens. Aus der Vertheilung von Stärke und Zucker ergiebt sich, dass das Lösungsprodukt der Stärke Glykose ist, welche in den Blattstiel und den Stamm wandert (diese Blätter enthalten ein stärkelösendes Ferment). Indessen hält Verf. den nachweisbaren Zucker nicht für den wirklich wandernden Stoff, da die Vertheilung des Zuckers dieser Annahme entgegenstehe, vielmehr geschehe die Wanderung in Form eines unbekannten Stoffes, der aber in jeder Zelle vorübergehend wieder in Glykose übergehe. — Unter normalen Verhältnissen befindet sich Stärke reichlich im ganzen Mesophyll und in der Stärkeschicht, etwas weniger in den Zellen der Leitscheide[1]) der dünnsten Nerven, viel weniger in jener der dickeren Nerven, keine in den Gefäßbündeln am äußersten Rande des Blattes und in den Zähnen. Nach der Chloraljodprobe erscheint daher ein solches Blatt im auffallenden Lichte schwarz mit schmalem gelben Rande, gelben Zähnen, gelben oder grünlichen stärkeren Nerven. Nach genügend langer Verdunkelung sind die Leitscheiden durchweg stärkefrei, ebenso die nächstanstoßenden Mesophyllzellen, während die übrigen Mesophyllzellen noch reichlich Stärke enthalten. Erst allmählich werden die weiter von den Leitscheiden entfernten Zellen stärkefrei. Es wird diese Vertheilung so zu verstehen sein, daß die Wanderungen in den Zellen der Leitscheiden geschieht, welche die Fähigkeit der Stärkebildung nur in geringem Grade bezitzen und sich dafür mit Zucker anfüllen. Unter normalen Umständen findet sich Zucker im Mesophyll und in den Nerven, bei der Entleerung verschwindet der Zucker erst nach dem gänzlichen Auflösen der Stärke und zwar zuerst aus dem Mesophyll und den kleinsten Nerven, zuletzt aus dem Hauptnerven, von oben nach unten fortschreitend. Die Gefäßbündel selbst werden bei der Wanderung so gut wie nicht beansprucht, ebensowenig die Stärkescheide, welche bei den Entleerungsversuchen ihren Stärkegehalt nicht verlor. Die Zellen der Leitscheide dagegen besitzen eine viel grössere Anziehungskraft zu gelösten Kohlehydraten als die eigentlichen Mesophyllzellen, wie sich direkt beweisen lässt, indem bei zuckerfrei gemachten Blättern, die auf schwache Zuckerlösung gelegt waren, der Zucker sich viel rascher in den Zellen der Leitscheide als im Mesophyll anhäufte.

[1]) Darunter sind zu verstehen die langgestreckten, je nach Stärke der Nerven verschieden reichlich vorhandenen Zellen in der Umgebung der Gefaßbündel. In den dünnsten Auszweigungen des Bündelnetzes bildet die Leitscheide eine einfache Schichte.

Digitized by Google

2. Versuche mit Blättern von Hydrocharis morsus ranae. Während es in den Leitzellen der Blätter von Impatiens zur Bildung transitorischer Stärke nicht kommt, wird in den Blättern von Hydrocharis die Stärke so energisch rückgebildet, dass die wandernde Glykose in allen Zellen, welche sie passirt, zeitweise wieder in Stärke rückverwandelt wird. Blätter, welche ihre Stärke bei der Entleerung am meisten verloren haben, zeigen genau das umgekehrte Bild bei der Chloraljodprobe wie Impatiensblätter: statt eines gelben Netzes auf blauem Grunde schwarze Nerven mit gelben Maschenräumen. Die Wanderung geschieht auch hier in den Leitscheiden bez. im sog. Diaphragma.

3. Versuche mit anderen Pflanzen. Die übrigen untersuchten Fälle stellten nur unwesentliche Modifikationen der beschriebenen beiden Typen vor.

4. Versuche mit Pflanzen, deren Blätter Milchröhren enthalten. Bei diesen wurde das Milchröhrensystem als Leitungssystem der Assimilate bezeichnet. Verfasser erklärt diese Auffassung als unrichtig und zwar aus folgenden Gründen: 1. Die unter normalen Umständen in den Milchröhren enthaltenen Kohlehydrate (Stärkekörner) verschwanden bei den untersuchten Euphorbia-Arten erst nach sehr langer Verdunkelung zum Theil, während Stärke und Zucker aus der Leitscheide schon nach viel kürzerer Verdunkelung verschwunden waren. 2. Anatomische Beziehungen in der Anordnung der Assimilationszellen zu den Milchröhren, wie sie *G. Haberlandt* beschrieb und für die Funktion der Milchröhren als Ableitungssystem in Anspruch nahm, konnte Verfasser nicht ausfindig machen. 3. Die Bewegung der Assimilate verhält sich ganz wie bei anderen Pflanzen, die Vertheilung der Kohlehydrate bei der Blattentleerung ist so, als ob die Milchröhren gar nicht vorhanden wären.

5. Zucker und Stärke in den Blättern. Die assimilirenden Blattzellen enthalten mehr oder weniger oder gar keine Stärke, dafür aber dann Zucker, dessen Menge jener der Stärke umgekehrt proportional ist. In stärkefreien grünen Pflanzentheilen werden die Produkte der Assimilation in Form von Glykose vorübergehend angehäuft, um nachträglich durch die Leitscheiden den Verbrauchsorten zugeführt zu werden. Nach direkten Versuchen kann die Ursache, warum in gewissen Blättern keine Stärke auftritt, nicht mit der Menge oder Wirksamkeit stärkelösender Fermente zusammenhängen; z. B. waren die Extrakte der stärkefreien Blätter von Allium cepa beinahe wirkungslos auf Stärkekleister. Verfasser nimmt vielmehr an, daß in den Blättern überall zuerst Glykose gebildet werde, welche nachher mehr oder weniger in Stärke übergeführt wird; damit Stärkebildung eintreten kann, muß die Concentration der Zuckerlösung in den Zellen eine bestimmte Größe überschreiten. Der Concentrationsgrad aber, bei dem Stärkeausscheidung beginnt, ist bei verschiedenen Pflanzen verschieden. Z. B. bedürfen also die Blätter von Impatiens zur Stärkebildung einer concentrirteren Glykoselösung als jene von Hydrocharis. Es könnte aber auch Chlorophyllkörner geben, welche bei keiner Concentration der Zuckerlösungen im Stande sind, Stärkekörner zu bilden. *C. K.*

F. Noll. **Ueber die normale Stellung zygomorpher Blüthen und ihre Orientirungsbewegungen zur Erreichung derselben.** Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg Bd. III. Heft 2 p. 189—252.

Kehrt man einen Blüthenstand mit radiär gebauten Blüthen vertikal ab-

Digitized by Google

wärts, so nehmen die Blüthen die frühere Stellung zum Horizonte wieder an, wobei das, was bei normaler Stellung oben war, bei der verkehrten nach unten zu stehen kam, auch nach Erreichung der früheren Neigung zum Horizonte unten bleibt. Dem Blüthenbau entsprechend können auch, wenn die Blüthe umgekehrt ist, alle mit der Befruchtung zusammenhängenden Vorgänge in normaler Weise sich vollziehen.

Auch ein Theil der zygomorphen Blüthen verhält sich ähnlich, wenn die Zygomorphie in keiner direkten Beziehung zur Befruchtung steht, sondern z. B. dazu dient, den Blüthenstand, dem diese Blüthen angehören, für Insekten auffälliger zu machen (unwesentlich-zygomorphe Blüthen). Bei den „wesentlich-zygomorphen" Blüthen dagegen steht die Zygomorphie in engster Beziehung zur Befruchtung, so daß diese bei einer von der Normalstellung abweichenden Orientirung schwer gestört oder ganz unmöglich gemacht wäre. Diese Blüthen werden meist schon so angelegt, daß sie sich an aufrechter Mutterachse schon von vornherein in Normalstellung befinden und in dieser ohne eigenes Zuthun durch den negativen Geotropismus der Mutterachse erhalten werden. Wird die Spindel des Blüthenstandes künstlich in abnormer Lage festgehalten, so äußert sich das Vermögen dieser Blüthen, die normale Lage wieder aufzusuchen, in hohem Grade. Steht die Spindel vertikal abwärts, so tritt eine geotropische Aufkrümmung der Blüthenstiele, durch Epinastie unterstützt, ein und wird hierdurch zunächst die normale Erdlage erreicht. Hierbei ist die Oeffnung der Blüthe gegen die Spindel gekehrt, was für die Befruchtung durch Insekten unvortheilhaft ist. „Neben der normalen Stellung zum Horizont kommt vielen Blüthen eine solche zum einfallenden Lichte, anderen eine solche zur Mutterachse zu. Im letzten Falle sind die Blüthen befähigt, sich von der Mutterachse nach außen wegzuwenden, welche Eigenschaft als Exotropie bezeichnet wurde. Wenn die normale Erdlage der Blüthe auf die bezeichnete Weise erreicht ist, erfolgt bei heliotropischen Blüthen die Orientirung nach der Lichtquelle hin durch heliotropische Verlängerung der beschatteten Seitenkante (heliotropische Lateralbewegung). Bei nicht oder schwach heliotropischen, aber exotropischen Blüthen tritt eine exotropische Lateralbewegung ein, bis die Blüthe wieder direkt auswärts gerichtet ist."

Heliotropische und exotropische Lateralbewegungen können auch combinirt auftreten: hat bereits eine heliotropische Seitwärtsbewegung aus der Mediane begonnen, so tritt auch die exotropische hiermit gleichsinnig auf, d. h. auch die exotropische Bewegung wird durch die Verlängerung der gleichen Seitenkante des Blüthenstiels ausgeführt. Im Uebrigen tritt die exotropische Lateralbewegung nicht mit der Constanz anderer Orientirungsbewegungen auf, sie ist an keine bestimmte Seite des die Bewegung ausführenden Organs gebunden, die Außenstellung der Blüthe wird auch oft nicht vollständig erreicht, mit Erreichung derselben hört aber die Bewegung auf. — Durch Combination der ersterwähnten geotropischen Vertikal- (Median-) Bewegung mit der Lateralbewegung entsteht eine Torsion, welche der Größe der Lateralbewegung direkt proportional ist. Anderweitige Umstände (einseitiges Uebergewicht getragener Theile, gleichzeitige Verlängerung aller Seitenkanten gegenüber einer axilen kürzeren Gewebsmasse, ungleichmäßige Vertheilung resistenter Gewebe auf dem Organquerschnitt) kommen bei diesen orientirenden Torsionen nicht in Betracht.

Digitized by Google

Eigenthümlich ist, daß zwar in den meisten Fällen die Orientirungsbewegungen von den Blüthenstielen ausgeführt werden, aber auch unterständige Fruchtknoten und Corollentheile, in manchen Fällen sogar ausschließlich, zur Ausführung derselben befähigt sind.

Befinden sich die Blüthen an einer normaler Weise nicht aufwärts gerichteten Mutterachse, sondern nimmt diese beliebige Lagen im Raume ein, so sind die Blüthen regelmäßig auf selbständige Orientirungsbewegungen angewiesen, soweit ihnen nicht, was aber selten ist, die normale Stellung durch ihr Eigengewicht und lange Blüthenstiele garantirt ist. *C. K*

E. Stahl. **Einfluß der Beleuchtungsrichtung auf die Theilung der Equisetumsporen.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. III, Heft 9 p. 334—340.

Die Theilung kann zwar auch im Dunkeln geschehen, im Lichte aber rascher und so, daß die erste Scheidewand senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichtes steht: die größere (Prothallium-) Zelle ist nach der Lichtseite, die Rhizoidzelle nach der Schattenseite gekehrt. Die Rhizoiden sind negativ heliotropisch. Werden die Sporen successive ringsum beleuchtet, so wird die Theilung bedeutend zurückgehalten oder abnorm oder ganz verhindert. Eine Beziehung der Lage der ersten Wand zur Richtung des Erdradius ließ sich dagegen nicht nachweisen. *C. K.*

H. Vöchting. **Ueber die Ursachen der Zygomorphie der Blüthen.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. III. Heft 9 p. 341—345

Verfasser führt in dieser vorläufigen Mittheilung aus, daß die zygomorphen Blüthengestalten bald lediglich durch innere, bald durch äußere, bald durch beiderlei Ursachen zugleich bewirkt werden. Als äußerer Faktor wirkt nur die Schwerkraft. Die Schwerkraft ruft, wie an mehreren Beispielen (Epilobium angustifolium, Oenothera, Epiphyllum u. s. w.) erläutert wird, Stellungsänderungen der Blüthenorgane hervor, welche der Anlage nach actinomorphen Blüthen zygomorphe Ausbildung verschaffen. Bei Entwickelung am Klinostaten unterbleiben natürlich in diesen Fällen diese unregelmäßigen Bildungen, bei Entwicklung in umgekehrter Lage kehrt sich auch die Zygomorphie um. *C. K.*

J. Vesque. **Sur le prétendu rôle des tissus vivants dans l'ascension de la sève.** Annal. agronom. T. XI. Nro. 11. p 481—522.

1. Die physikalischen Theorien und die Einwürfe *Godlewski's*. Verfasser hält entschieden daran fest, daß ohne Intervention der lebenden Zellen, bloß durch Luftdruck und Kapillarität, das Steigen des Wassers erklärt werden kann. Seiner an schematischen Figuren im Einzelnen erläuterten und durch physikalische Experimente gestützten Anschauung entnehmen wir, daß Verfasser annimmt, das Wasser überziehe die Längswände der Tracheiden und bilde an den Spitzen derselben kleine Ansammlungen, welche durch Kapillarität getragen sind; in der Zelle selbst geschieht die Wasserhebung von der untern zur obern Ansammlung von Wasser durch Kapillarität, von Tracheide zu Tracheide durch die Spannungsdifferenz der im Lumen enthaltenen Luft. Den von *Godlewski* versuchten Nachweis, daß die Theorie, welche auf die rein physikalischen Kräfte in den todten Holzelementen sich aufbaut, im Widerspruch mit dem Energiegesetz stehe, erkennt Verfasser nicht an, indem *Godlewski* bei seinen Deduktionen übersehen habe, daß das Spiel seines imaginären Apparates eine Aenderung des Meniscus, an welchem die Wassersäule aufgehängt ist, voraussetze. „M. G. supprime une force motrice,

Digitized by Google

celle qui enlève l'eau à la partie supérieure du système sans détruire le ménisque." Die Zusammenlagerung von Gefäßen mit Holzparenchym, welche man für die Wasserbewegung in Anspruch nimmt, indem das Parenchym Wasser in die Gefäße presse, in welchen es sich fortbewege, erklärt Verfasser in anderer Weise. Das paratracheale Parenchym presse (wie die Markstrahlen) in die Gefäße einen an organischen Stoffen mehr oder weniger reichen Saft, die anatomischen Beziehungen der lebenden zu den todten Holzelementen erleichterten die Bewegung der reaktivirten Reservestoffe zum Gipfel der Bäume. — Uebrigens findet Verfasser, daß die von G. den lebenden Markstrahlzellen zugetheilte Funktion nur eine horizontale Bewegung des Wassers bewirken könnte, keine bestimmte Bewegung nach aufwärts.

2. Experimentelle Widerlegung der von *Janse* zum Beweis der *Godlewski*'schen Theorie angestellten Versuche. *Janse* hatte das Holz der Zweige mehrerer Pflanzen eine Strecke weit durch heißes Wasser getödtet und beobachtet, daß die Blätter wenigstens theilweise vertrockneten. Verfasser stellte hierüber zahlreiche Versuche an, kam aber zu dem Schlusse, daß die Symptome, welche diese Aeste mit durch Kochen getödteter Basis beim Absterben zeigen, durchaus nicht die gleichen sind, wie sie aus Wassermangel eintreten; sie trocknen aus, weil sie absterben, nicht umgekehrt. Die Vertheilung der Stärke scheint darauf hinzudeuten, daß es sich um eine schwere Störung in der Wanderung der Kohlehydrate handelt. *C. K.*

***C. A. Weber.* Ueber den Einfluß höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes, den Transpirationsstrom zu leiten.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. III. Heft 9. p. 345—371.

1. Versuche mit abgeschnittenen Zweigen. Die Zweige wurden am unteren Ende auf 2—3 cm entrindet, diese Partie über einer Flamme scharf ausgedörrt. Die hierdurch bewirkte totale chemische und physikalische Veränderung des aufnehmenden Querschnitts blieb ohne wesentlichen Einfluß auf das Aufsteigen des Transpirationswassers in den Zweigen von Ribes rubrum. Bei den Zweigen von Haselnuß und Hollunder trat eine sich durch Welken der Blätter kundgebende Störung ein, welche durch Einstellung in Wasser von 40°—45° C. aufgehoben werden konnte. Die Zweige mit gebranntem Holzkörper blieben unmittelbar oder wenigstens nach dem Einstellen in erwärmtes Wasser lange Zeit hindurch genau so frisch wie gewöhnliche Zweige und verdunsteten wie diese namhafte Mengen Wasser. Ueber den Weg, den das Wasser nimmt (ob in den Wänden oder Hohlräumen), läßt sich aus diesen Versuchen freilich Nichts entnehmen, da die Möglichkeit vorliegt, daß das Wasser durch Kapillarität in den Gefäßen der gebrannten Stengelstrecke emporstieg oder durch Luftdruck emporgetrieben wurde, bis zu den unverändert gebliebenen Zellwänden des Holzes, in welchen es weiter geleitet werden konnte.

2. Versuche mit nichtabgeschnittenen Zweigen. Reichbeblätterte Zweige im Freien stehender Bäume und Sträucher wurden am unteren Ende geringelt auf 3—4 cm Länge, und diese Stelle erhitzt. Wurde das Erhitzen zu weit gesteigert, so gingen die Zweige regelmäßig zu Grunde, was auf zu weit gehende Störungen des normalen Baues des Holzkörpers und dergl. zurückgeführt werden kann. War die Temperatur nicht bis zur Herbeiführung einer Desorganisation gesteigert (nur bis zu leichterV erkohlung der äußersten Holzschichten), so

Digitized by Google

war die Leitungsfähigkeit des Holzes zunächst nicht verändert, erst nach einiger Zeit trat Welken und Abdorren der Zweige ein. Das nicht durch die Hitze getödtete Holz hatte an der Grenze des todten eine Veränderung erlitten, indem die Hohlräume der Gefäße und Tracheiden mehr oder weniger mit gummöser Substanz, außerdem oft noch mit Thyllen gefüllt waren. Die Verstopfungen waren häufig so beträchtlich, daß sich Wasser selbst unter Anwendung bedeutender Druckkräfte nicht mehr durch den Stengel pressen ließ. Verfasser findet in diesen Veränderungen die Ursache des Welkens und Absterbens der Zweige, indem erst mit Eintritt derselben das Welken beginnt. Die Erscheinungen erklären sich am leichtesten in der Weise, daß das Wasser in den Hohlräumen sich bewegt und solange fort, als diese noch regsam sind. Die durch Erhitzung hervorgerufenen Veränderungen der Wandsubstanz müßten unter Annahme der Imbibitionsbewegung ungenügend sein, um die Wasserströmung zu unterdrücken. *C. K.*

A. Tschirch. **Beiträge zur Kenntniß des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen.** Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. XII. Heft 3 p. 303—335.

Das mechanische Gewebesystem (Schwendener) bietet hinsichtlich der Funktion zugehöriger Elemente noch mehrfache Probleme, von welchen Verfasser hier die mechanischen Einrichtungen in den Rinden abhandelt.

Im Pflanzenreich finden sich vielfach neben den „Stereïden" oder Bastzellen stark verdickte, ihrer Funktion nach wenig oder gar nicht bekannte Zellen vor, für welche Verfasser den gemeinsamen Namen Sclereïden (des Näheren als Brachy-, Astro-, Osteosclereïden u. s. w. bezeichnet) vorschlägt. Solche treten auf als radiale Verstrebungen in gewissen Blättern, z. B. von Hakea, um dem beim Austrocknen während der heißen Jahreszeit eintretenden Kontraktionsbestreben der Epidermis entgegenzuwirken; in den Samenschalen in mannigfacher Weise als Schutz gegen äußere Verletzungen durch Druck und andere, den Reservebehältern drohende Beschädigungen.

Die weiteste Verbreitung haben die Brachysclereïden in den Rinden. Um deren mechanische Funktion nachzuweisen, knüpft Verfasser an die Verhältnisse der jüngeren Zweige der Laubhölzer an und setzt hier zunächst die hängenden Zweige gewisser Holzarten in Vergleich mit den gewöhnlichen Formen, deren Aeste vielmehr auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen werden. Der Bau des Holzes ist bei beiden Formen der gleiche, dagegen haben die jüngeren Zweige der hängenden Formen (z. B. Hängeesche) stärkere Entwickelung sowohl der Stereïden als der tangentiale Verbände bildenden Sclereïden der Rinde. Bei Kletterpflanzen, welche in Folge ihrer Wachsthumsweise mechanisch wenig beansprucht werden, sind in vielen Fällen auch die mechanischen Elemente der Rinde nur spärlich entwickelt, soweit sie nicht lokalmechanischen Zwecken dienen. In den Rinden gewöhnlicher Holzpflanzen verlaufen die Stereïden der äußeren Rinde tangential vielfach anastomosirend und durch diese Anastomosen gegen tangentialen Druck und Zug elastischfedernde, biegungsfeste Konstruktionen bildend, denen ein hoher mechanischer Werth zuzuschreiben ist. In vielen Fällen finden sich nur in den jüngeren Zweigen große Stereïdengruppen, welche später nach genügender Erstarkung des Holzkörpers abgestoßen werden. Die später gebildeten Bastzellen bilden Schutzmittel des Leptoms, wie überhaupt den Bastzellgruppen der inneren Baumrinden diese lokalmechanische Funktion zuzuschreiben ist.

Digitized by Google

Wird durch das Dickenwachsthum der Bastzellring zersprengt, so schieben sich zwischen die Stereïdengruppen Parenchymzellen ein, welche ihre Membran verdicken, zu Brachysclereïden werden und so die Stereïdeninseln tangential fest verbinden. Dieser gemischte Ring hat eine wichtige mechanische Bedeutung, indem er die Biegungsfestigkeit erhöht und zwar in höherem Grade, als wenn die tangentiale Verbindung durch Bastzellen hergestellt wäre. „Der Bastzellenring erlangt durch die Bracheïden-Tangentialverbände eine erhöhte mechanische Bedeutung, da selbst Gruppen von mechanischen Elementen, die nur aus wenigen Elementen bestehen, durch den festen tangentialen Verband mit Hilfe der Bracheïden mechanisch wirksam werden... Derartige Tangentialverbände von Brachysclereïden zwischen Stereïdengruppen sind sehr häufig (in den jungen, wenigjährigen Zweigen von Quercus, Iuglans, Alnus, Betula u. s. w.) . . . Von mechanischer Bedeutung für die Biegungsfestigkeit des Organs ist dieser Ring jedoch nur, wenn die Zahl der Brachysclereïden — wie dies in älteren Rinden der Fall ist — die der Stereïden nicht allzusehr überwiegt."

Schwieriger ist eine befriedigende Bedeutung der isolirten oder zu Gruppen vereinigten Bracheïden, die mit Stereïden nicht in Verbindung stehen und keine Bedeutung für die Biegungsfestigkeit haben können. Verfasser nimmt an, daß sie die Rinde incompressibler (gegen radialen Druck) machen, besonders wenn sie miteinander anastomosiren. Demnach hätten die mechanischen Elemente der jungen Rinde der Biegungsfestigkeit zu dienen, jene der älteren wären (bei genügend erstarktem Holzkörper) rein gegen Druck wirksam. *C. K.*

H. de Vries. **Plasmolytische Studien über die Wand der Vacuolen.** Pringsheim's Jahrb. für wiss. Botanik. Bd. XII. Heft 4 p. 465—598.

1. Ueber eine Methode, die Wand der Vacuolen sichtbar zu machen.

Läßt man auf das Protoplasma indifferente Substanzen längere Zeit einwirken oder geringe Mengen giftiger Substanzen, so stirbt dasselbe langsam ab, die Wand der Vacuolen aber, welche widerstandsfähiger ist, nicht. Verbindet man diesen Vorgang mit der Plasmolyse, so verkleinern sich die Vacuolen mit ihrer Wand und isoliren sich mehr oder weniger vom umgebenden Protoplasma. Gewöhnlich wurde eine mit Eosin schwach roth gefärbte zehnprocentige Lösung von Kalisalpeter verwendet. Der Farbstoff gestattete die lebenden und todten Plasmatheile zu unterscheiden, indem nur die letzteren sich färben. Die isolirten Vacuolen bilden farblose Kugeln mit gespannter Wand.

Diese Blasen können noch längere Zeit wenigstens einen Theil ihrer ursprünglichen Eigenschaften beibehalten, namentlich bewahren sie oft lange Zeit das Vermögen, Farbstoffen den Durchgang zu verwehren. Anfangs ist die Haut dehnbar und elastisch, später erstarrt sie zu einer steifen, spröden Wand.

Die physiologische Bedeutung der Vacuolenwand besteht darin, daß sie die innerste lückenlose Schicht um den Zellsaft bildet und für die gelösten Stoffe dieses Saftes impermeabel ist und so eine Anhäufung von dem Leben schädlichen Stoffen im Zellsaft gestattet.

Verfasser betrachtet die Vacuolenwand als besonderes Organ der Protoplasten und schlägt dafür den Namen „Tonoplast" (Turgorbildner) vor; die Produktion und Anhäufung der osmotischen Stoffe des Zellsaft seien wahrscheinlich Funktionen dieses Organs. „Ueberall im Pflanzenreiche und in den verschiedensten Gewebe-

Digitized by Google

formen besitzen die Vacuolen eine eigene Wand, welche durch Anwendung der zehnprocentigen Lösung unter Mithilfe von Eosin leicht sichtbar gemacht werden kann."

2. Ueber die Wand der Vacuolen als besonderes Organ der Protoplasten.

Zur Begründung der Ansicht, daß die Vacuolenwand ein besonderes, schon vor der Vacuolenbildung vorhandenes Organ sei, vergleicht sie Verfasser mit den anderen Gliedern der Protoplasten, namentlich mit der Hautschicht, „dem Organ der Zellhautbildung und der Ortsveränderung bei den Amöben und Myxomyceten". 1. Die Zahl der Vacuolen in einer durch die Salpetersäure theilweise getödteten Zelle ist häufig größer als vor dem Zusatz der Lösung. Wie Hautschicht und Körnerplasma können sich die Vacuolen bei künstlichen Eingriffen durch Einschnürung und Theilung vermehren. 2. Die „innere Pseudopodienbildung" d. h. das Austreiben von Strängen und Fäden in den Zellsaft hinein vollzieht sich wie die Pseudopodienbildung der Plasmodien durch die autonome Thätigkeit der Hautschichte, also der Vacuolenwand. 3. Auch nach dem Tode stimmen Hautschichte und Vacuolenwand überein: beide sind im Tode starr, für gelöste Stoffe permeabel, hyalin und oft nur schwer färbbar. 4. Die isolirten Vacuolenwände können im Allgemeinen durch dieselben Reagentien und unter denselben Erscheinungen fixirt werden wie die übrigen Organe der Protoplasten. Dieselben Mittel, welche sie in gewissen Concentrationen plötzlich erstarren lassen, rufen nicht selten in schwächeren Gaben die Erscheinungen des langsamen Sterbens hervor. 5. Wie die ganzen Protoplasten können auch die isolirten Vacuolenwände im plasmolysirten Zustande durch verschiedene Mittel zum Platzen gebracht werden. Hiebei fallen beide zu faltigen, spannungslosen, unscheinbaren Häutchen zusammen. In beiden Fällen besteht die sichtbare Kontraktion vorwieegnd ,vielleicht ausschließlich in einem elastischen Zusammenziehen der vorher stark gespannten Blasen.

Als Hauptresultat der in diesem Abschnitte mitgetheilten Versuche und Erörterungen betrachte ich den Satz, daß die Wand der Vacuolen mit den übrigen Theilen der Protoplasten, und namentlich mit der Hautschicht, in ihren wichtigsten Eigenschaften derart übereinstimmt, daß sie als ein eigenes, den übrigen gleichwerthiges Organ angesehen werden muß. Die Punkte, in denen die Uebereinstimmung stattfindet, beziehen sich theils auf normale physiologische Funktionen, theils auf das Verhalten gegenüber plasmolytischen und anderen Reagentien. In ersterer Beziehung zeigt die Wand der Vacuolen namentlich zu der Hautschicht eine große Verwandtschaft, und die wichtigsten Erscheinungen, aus denen diese hervorgeht, sind ohne Zweifel die folgenden: 1. Beide sind gegen gelöste Stoffe in nicht oder kaum nachweisbarem Grade permeabel. 2. Beide scheiden auf ihrer Oberfläche bestimmte Stoffe ab, sei es, daß diese im festen Zustande abgelagert werden, wie das Hauptprodukt der Hautschicht, die Cellulose, oder im flüssigen Zustande frei werden, wie z. B. die im Zellsaft angehäuften organischen Säuren. 3. Beide fungiren in bestimmten Fällen als autonomes Bewegungsorgan.

3. Ueber die Permeabilität der Vacuolenwandung.

Zur Beurtheilung der Permeabilität des Protoplasmas nach der plasmolytischen Methode bieten sich drei Wege: a) Man bringt das Protoplasma in irgend einer an sich unschädlichen Lösung zur Kontraktion und setzt es nach Eintritt des Gleichgewichtszustandes jenen Einflüssen aus, von denen man erfahren will, ob

Digitized by Google

sie seine Permeabilität erhöhen. Zur Erhöhung der Permeabilität wurden der äußeren Flüssigkeit Säuren zugesetzt. Nachträgliche Ausdehnung ohne Verdünnung der äußeren Flüssigkeit mußte den Beweis liefern, daß wenigstens ein Theil des angewandten Reagens in die Vacuole übergetreten ist, und derselbe Schluß ergiebt sich, wenn ohne Mitwirkung eines Giftes durch längere Zeit dauernde Einwirkung indifferenter Lösungen eine Volumzunahme der Vacuolen eintritt. Die Versuche lehrten, daß die Wände der isolirten Vacuolen gleich anfangs zwar für Säuren und Basen, nicht aber für leicht diffusible Salze, wie Kalisalpeter, permeabel sind. Nach mehrtägigem Verweilen in der Salzlösung wird dieselbe aber für Chlornatrium und Salpeter mehr oder weniger permeabel, um so rascher, einem je jüngeren Gewebe sie angehören. Noch später erst vermögen Farbstoffe durchzudringen: die für das Leben charakteristische Impermeabilität der Vacuolenwände geht beim langsamen Sterben nur langsam und gradweise in völlige und leichte Permeabilität über. Zusatz von Giften beschleunigt den Eintritt der Permeabilität. b) Verwendet man zur Plasmolyse Lösungen schwer diffusibler Substanzen, z. B. Rohrzucker, so haben die leichter diffusiblen Stoffe des Zellsafts Zeit zu entweichen, ehe die Wände der Vacuolen für Zucker (und Farbstoff) permeabel werden, die osmotische Kraft des Zellsafts nimmt ab, die Kontraktion der Vacuolen zu. — Das allmähliche Fortschreiten der Permeabilität beweist auch, daß deren Zunahme nicht auf Bildung von Rissen, sondern auf einer molekularen Veränderung beruht.

Um im Zellsafte gelöste Stoffe mikrochemisch nachzuweisen, ist die Plasmolyse vielfach vortheilhaft zu verwenden, da sie den Zellsaft mehr concentrirt und außerdem von der Zellhaut entfernt.

c) Man vergleicht die niedrigste zur Plasmolyse erforderliche Concentration beim plötzlichen Eintauchen der Präparate in die betreffenden Salzlösungen mit jener bei langsamer Zunahme der Concentration der die Präparate umspülenden Lösung. Sind die Protoplasten für das Salz impermeabel, so muß der gefundene Werth nach beiden Methoden derselbe sein, sind sie permeabel, so kann bei langsamem Eindringen Salz in die Vacuole hineindiffundiren, noch ehe jene Grenze erreicht wird, die Turgorkraft wird somit zunehmen, es wird zur Plasmolyse eine höhere Concentration nothwendig sein als bei plötzlichem Eintauchen. Nach den Versuchen sind auch nach dieser Methode gesunde Protoplasten auch für rasch diffundirende Salze wie Kalisalpeter und Chlornatrium, wenn diese als plasmolytische Reagentien angewandt werden, nicht merklich permeabel, wohl aber wenn eine Veränderung durch Säuren oder Basen hervorgerufen wurde. *C. K.*

A. Hansen. **Quantitative Bestimmung des Chlorophyllfarbstoffes in den Laubblättern.** Sitzungsber. der Würzburger Phys.- med. Ges. 1885. 4 S.

Gemessene Blattstücke von Sonnenrose, Kürbis, Tabak und Runkelrübe wurden mit Wasser ausgekocht und mit heißem 96 %igem Alkohol extrahirt, die alkoholische Lösung verseift, der Farbstoff mit alkoholischem Aether aufgenommen, die Lösung verdampft und getrocknet. Man erhielt ein Gemenge von grünem und gelbem Farbstoff, auf welches sich die folgenden Zahlen beziehen.

Verschiedene Species und Exemplare derselben Art enthalten verschiedene Farbstoffmengen; im Mittel beträgt der Farbstoffgehalt pro qm Fläche 5,142 g. Bildet 1 qm Blattfläche von Helianthus und Cucurbita 1,6 g Stärke pro Stunde, pro Tag 25 g, so wären bei der Bildung dieser 25 g Stärke 5 g Farbstoff thätig.

Digitized by Google

Die Funktion des Chlorophyllfarbstoffs vermuthet Verfasser in dessen Befähigung, aktiv die Kohlensäure der Luft anzuziehen, mit ihr eine lose Verbindung einzugehen, um sie zum Zweck der Stärkebildung an die assimilirenden Chlorophyllkörner abzugeben. Der Farbstoff wäre der Ueberträger der Kohlensäure auf das assimilirende Plasma der Chlorphyllkörner. *C. K.*

G. Klebs. **Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung.** Untersuchungen aus dem bot. Inst. zu Tübingen, herausgeg. von *W. Pfeffer.* Bd. I. Heft 4 p. 536—635.

Wir zeigen diese, der Hauptsache nach nur Morphologisches berücksichtigende Schrift hier an, da ja die physiologische Untersuchung der Keimungsvorgänge theilweise genauere Kenntniß des Morphologischen voraussetzt, und in den morphologischen (u. biologischen) Erscheinungen des Keimlebens vielfach Vorkommnisse zu Tage treten, von welchen noch keinerlei physiologische Aufklärung beigebracht werden kann.

Der erste Theil der Abhandlung beschreibt die Hauptkeimungsformen der Samenpflanzen und sucht sie in Typen zu gliedern, um die Uebersicht über die große Mannigfaltigkeit zu erleichtern. Der zweite Theil faßt einige Punkte der Keimungsbiologie zusammen: 1. Ueber die Befestigung des Samens in der Erde und seine Wasseraufnahme. 2. Das erste Heraustreten des Keimlings. 3. Die Befestigung des Keimlings und das Aufsaugen des Endosperms. 4. Das Heraustreten der Kotyledonen aus dem Samen und das Durchbrechen der Erde. 5. Die Entfaltung der Kotyledonen und der ersten Laubblätter über der Erde.

Den Schluß bildet ein sehr ausführliches, wenn auch wohl nicht vollständiges Verzeichniß der Litteratur über die Morphologie der Keimung und der Bau der Samen. *C. K.*

F. Noll. **Ueber frostharte Knospenvariationen.** Landwirthschaftliche Jahrbücher. Bd. XIV (1885). Heft 5/6, p. 707—712.

Verfasser beschreibt seine im Winter 1879—80 gemachten Wahrnehmungen, daß an verschiedenen Bäumen einzelne Zweige von der Kälte unversehrt blieben, während sonst der ganze Baum erfror, und erläutert, daß es sich hierbei um Knospenvariationen handle, die eben in der Eigenschaft geringerer Frostempfindlichkeit von den übrigen Theilen des Individuums abgewichen sind. Solche Variationen kommen auch sonst an einzelnen Zweigen vor, und Verfasser meint, solche frostharte Variationen könnten zur Erlangung frostharter Varietäten bei entsprechender Forterhaltuug und Vermehrung führen. Bekanntlich ist der gleiche Gedanken auch für Züchtung forstharter Varietäten aus ganzen frostharten Individuen brauchbar. *C. K.*

H. Müller-Thurgau. **Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen.** Landwirthsch. Jahrbücher. Bd. XIV (1885). Heft 5/6 p. 851—907.

Die in einer früheren Arbeit[1]) bezüglich der Stoffwechselvorgänge der Kartoffeln gefundenen Vorgänge benutzt Verfasser, durch fortgesetzte Versuche erweitert, zur Aufstellung einer Theorie der Ruheperioden der Pflanzen, zunächst der Kartoffelknollen.

---

[1]) Vergl. diese Zeitschrift Bd. V. p. 288.

Digitized by Google

I. Stoffwechsel während des Reifens der Kartoffelknollen. Eine mit dem Stock in Verbindung stehende Knolle athmet lebhafter als eine davon abgetrennte. Nach dem Abtrennen nimmt die Athmung nicht plötzlich, sondern während mehrerer Tage allmählich ab. Auch von absterbenden Stauden getrennte Knollen athmen anfangs lebhafter als einige Tage nach der Ernte; jedoch ist der Unterschied nicht so bedeutend wie bei Kartoffeln, welche man von noch gesunden Stöcken trennte, d. h. die letzteren athmen sofort nach der Abtrennung vom Stocke etwa doppelt so energisch als die von im Absterben begriffenen Stöcken bei derselben Temperatur. Bei den einen wie den anderen sinkt jedoch die Athmung auf ungefähr dieselbe Stufe, bei ersteren dauert dies länger als bei letzteren. Schließlich erreicht die Athmung eine ziemlich lange Zeit konstant bleibende Größe. Es ist dies die Athmungsgröße ruhender Kartoffeln. — Die Erklärung für dies Verhalten sucht Verfasser in den zur Verathmung disponiblen Zuckermengen: an noch assimilirenden Stöcken fließt den Knollen reichlich Zucker zu; wenn auch der größere Theil in Stärke umgewandelt wird, bleibt dem Protoplasma doch noch verhältnißmäßig viel zu Athmungszwecken zur Verfügung. Wird die Kartoffel abgetrennt, so äußert diese reichere Zufuhr noch während einiger Zeit ihren Einfluß, doch nimmt mit dem Abschneiden der Zufuhr die Athmung sofort ab. Bei Knollen absterbender Stöcke war schon am Stocke die Zuckerzufuhr und hiermit die Athmung geringer.

II. Lebensvorgänge der in Ruhezustand befindlichen Knollen. Bekanntlich haben ruhende Knollen einen ausgiebigen Athmungsproceß. Außerdem hat Verfasser nachgewiesen, daß in ruhenden Knollen Stärke in Zucker übergeführt wird; endlich spielt sich noch ein dritter Vorgang ab, eine kontinuirliche Stärkerückbildung.

Bezüglich der Athmung hat Verfasser schon früher mehrfache interessante Beobachtungen mitgetheilt. Außer der Temperatur übt namentlich der Gehalt der Knollen an Zucker einen maßgebenden Einfluß. Der Vergleich der Athmungsgröße in verschiedenem Zeitabstand von der Reife (bei verschiedenem Alter der Knollen) ergiebt, daß bei Beginn der Ruheperiode die Athmung weniger ausgiebig ist als nach Abschluß derselben. So gab pro Stunde 1 kg Knollen Kohlensäure in mgr:

Dat.	20°	10°	0°
23. August	6.5	—	2.0
5. Dezember	9.2	4.2	2.3
10. Januar	10.0	4.5	2.5
11. Februar	11.0	—	—

Diese Tabelle läßt auch den Einfluß der Temperatur ersehen und die selbst bei 0° verhältnißmäßig energische Athmung und deren langsame Zunahme mit steigender Temperatur.

Nach früheren Versuchen vollzieht sich in den Knollen Zuckerbildung und Stärkerückbildung. Hier sind zwei Versuche mitgetheilt, bei deren jedem 6 Knollen, die längere Zeit bei 0° verweilt hatten, zur Verwendung kamen. Sie wurden längs halbirt, und die einen Hälften sofort auf den Gehalt an Stärke, reduzirendem Zucker und Rohrzucker geprüft, die anderen nach mehrtägigem Aufenthalt im Athmungsapparate bei 22° bis 25°. Nachher wurden mit diesen

Digitized by Google

Hälften die nämlichen Bestimmungen vorgenommen. Im ersten Versuch betrug der Stärkegehalt vor dem Verweilen im warmen Raum 15.405, nachher 16.773 %, im zweiten Versuch waren die entsprechenden Zahlen 13.427 resp. 15.43 %.

Zuckerbildung wie Stärkerückbildung sind bei niederer Temperatur wesentlich herabgestimmt, die Zuckerbildung weniger als die Stärkebildung, weshalb sich Zucker anhäuft, was bei höherer Temperatur unterbleibt. Auch in nicht süßen Kartoffeln wird fortwährend ein Theil des entstehenden Zuckers in Stärke zurückverwandelt, wobei auch dieser Vorgang von der Menge des disponiblen Zuckers abhängen wird. „Zwei Vorgänge sind es, welche auch in nicht süßen Kartoffeln gewissermaßen um den entstehenden Zucker streiten, die Stärkebildung und die Athmung . . . Je längere Zeit eine Kartoffel vom Stocke getrennt ist, desto mehr scheint ihr die Kraft zu schwinden, den zur Verfügung stehenden Zucker in Stärke zu verwandeln. Es ist selbstverständlich, daß mit der abnehmenden Energie dieses Vorganges die Athmung in dem Wettstreite um den vorhandenen Zucker sich nun besser stellt und dem entsprechend in immer ausgiebigerem Maße stattfindet. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß dieser eigenthümliche, bisher unbekannte Vorgang der Stärkerückbildung für die Erhaltung der Reservestoffe in den Kartoffelknollen von größter Bedeutung ist. Ohne ihn würde in Folge der Temperaturschwankungen des Winters die Erschöpfung der Kartoffeln durch Athmung und Wachsthum eine viel weiter gehende und das Austreiben im Felde deshalb nur ein schwächliches, ja unter Umständen ganz unmöglich sein."

III. Uebergang aus der Ruheperiode zum Austreiben und Ursache der Ruheperiode bei der Kartoffel.

Verfasser wendet sich zunächst gegen die Hypothese, daß es sich bei der Ruheperiode um eine sehr langsame Entstehung von Fermenten handeln könnte, welche sich in den wachsthumsfähigen Knospentheilen bilden und erst, wenn sie in hinreichendem Quantum entstanden seien, trete die Möglichkeit ein, die vorhandenen Reservestoffe in den aktiven Zustand zu versetzen, in welchen sie zur Förderung des Wachsthums unmittelbar geeignet sind. Die Versuche darüber, ob in den Knollen die Stoffumwandlungsvorgänge durch die Knospen beeinflußt werden, führte zu dem Schlusse: „Obgleich die Kartoffeln noch ganz im Anfange der Ruheperiode sich befanden, hat in denselben bei 0° dennoch eine erhebliche Zuckerbildung stattgefunden und zwar sowohl in denjenigen Hälften, bei welchen vorher die Knospen sammt einer Partie des anstoßenden Knollengewebes entfernt worden waren, als auch in denjenigen, an welchen die Knospen verblieben waren. Hieraus darf wohl geschlossen werden, daß der Zuckerbildungsvorgang in den Kartoffeln nicht etwa abhängig ist von einem durch die Knospen zu bildenden Fermente. Ferner, daß dieser Vorgang schon bei Beginn der Ruheperiode in so erheblichen Maßstabe stattfindet, daß in einer etwaigen allmählichen Zunahme desselben nicht die Ursache der Ruheperiode gefunden werden kann." Die Hälften der Knollen ohne Knospen waren aber zuckerreicher (4.33 gegen 3.90 %), was Verfasser durch die zahlreichen Wundstellen zu erklären sucht, die beim Ausschneiden der Augen entstehen, indem die Zuckeranhäufungen in den an Schnittflächen angrenzenden Theilen immer etwas geringer sei. — „Würde während der Ruheperiode von den Knospen immer mehr Ferment gebildet und allmählich

Digitized by Google

angehäuft, so mußte durch dasselbe die Zuckerbildung gesteigert und also am Ende der Ruheperiode viel ausgiebiger sein als im Anfang . . . Während aber die Knospen der Kartoffeln bei Beginn der Ruheperiode nicht zum Austreiben zu bringen sind, nach Beendigung derselben aber verhältnißmäßig rasch sich entwickeln, hierin also ein bedeutender Unterschied besteht, zeigt die Zuckerbildung in den Kartoffeln zu den beiden Zeitpunkten entweder ganz oder doch annähernd dieselbe Ausgiebigkeit. Das so ganz verschiedene Verhalten in den ersten Monaten und am Ende der Ruheperiode kann demnach nicht einfach durch Annahme einer verschiedenen Ausgiebigkeit der Zuckerbildung erklärt werden."

Die folgende Theorie der Ruheperiode geht von der Basis aus, daß die Ursachen des Abschlusses nicht in den Knospen, sondern in den Stoffwechselvorgängen und Veränderungen der Reservestoffbehälter liegen, ein Punkt, in welchem der Verfasser von der Anschauung wohl der meisten Physiologen abweicht. Verlaufen die Stoffwechselvorgänge in den Zellen der Reservestoffbehälter derartig, daß kein oder nur wenig Zucker nach den Knospen hingelangt, so vermögen diese nicht zu wachsen; ergiebt sich dabei hingegen ein für die Knospen disponibler Zuckerüberschuß, so setzen dieselben ihre Entwickelung fort, die Ruheperiode ist beendigt. „Die Sproßanlagen sind durch ein Polster von Tausenden zucker- und stärkeleerer Zellen von denjenigen Zellgeweben getrennt, welche die Reservestärke führen. Alle diese Zellen enthalten aber Protoplasma. Dieses wird, namentlich bei höheren Temperaturen, athmen müssen, soll es nicht dem Tode verfallen. Es ist hiebei auf diejenigen Zuckermengen angewiesen, welche aus den stärkehaltigen Zellen des Kartoffelinneren herbeiwandern. Da auch das Protoplasma der letzteren in einem gewissen Hungerzustande in Bezug auf Zucker sich befindet, der entstehende sehr rasch wieder in Stärke rückgebildet und veratmet wird, wandern jedenfalls nur geringe Mengen desselben nach den Knospen hin. Sie müssen außerdem noch das unter den Knospen liegende Polster von ebenfalls im hungernden Zustande befindlichen Zellen passiren, und es dürfte dementsprechend in die Sproßanlagen selbst nur sehr wenig Zucker gelangen, und dieser höchstens zu einem äußerst geringen Athmungsvorgange ausreichen. Ein Wachsthum der Knospen kann unter solchen Umständen natürlich nicht stattfinden, denn es fehlt an dem nöthigen Material zur Cellulosebildung. Außerdem ist aber bekanntlich das Wachsthum auch vom Athmungsvorgang der Zellen abhängig. Ob aber dieser beschränkt ist durch Mangel an Sauerstoff oder, wie bei den Knospen ruhender Knollen, in Folge ungenügender Zuckerzufuhr, bleibt sich schließlich gleich. Die Wirkung kann nur dieselbe sein. Es wird also den betreffenden Zellen nicht nur am nothwendigen Baumaterial fehlen, sondern auch ein Mangel an den zum Wachsthum nöthigen Kräften sich geltend machen. Mit zunehmendem Alter der stärkehaltigen Zellen nimmt die Lebenskraft des Protoplasmas ab. Von dem entstehenden Zucker vermag dasselbe im Verhältniß zu früher keine so große Menge mehr in Stärke zurückzuverwandeln . . . Die in Kellern bei etwa 10° gelagerten Kartoffeln, die bisher vollständig zuckerleer waren, fangen an geringe Mengen von Zucker zu enthalten. (Verfasser verweist darauf, daß auch sonst, in Früchten verschiedenen Alters, die Fähigkeit, den zuwandernden Zucker in Stärke umzuwandeln, mit dem Alter sich ändere, nämlich in älteren Zellen geringer sei als in jüngeren. An einem aus verschiedenaltrigen

Digitized by Google

Gliedern bestehenden Irisrhizom war der Zuckergehalt der älteren Glieder zu Anfang der Ruheperiode größer als in den jüngeren.) . . . Da schon während der Ruheperiode die Stärkerückbildung allmählich abnimmt, wird von dem entstehenden Zucker mit der Zeit etwas mehr für den auf ein geringes Maß reduzirten Athmungsvorgang zur Verfügung stehen. Dieser aber nimmt bei Zuführung einer etwas größeren Zuckermenge sofort entsprechend zu, und es wird deshalb wenigstens zunächst den Knospen nicht mehr Zucker zuwandern, diese also auch noch kein Wachsthum zeigen können. Allein in Folge gesteigerter Athmung kann die Zuckerbildung wahrscheinlich zunehmen, außerdem schwindet die Fähigkeit der Stärkerückbildung immer mehr, und so wird es schließlich dahin kommen, daß selbst bei höheren Temperaturen nicht mehr sämmtlicher Zucker verathmet und in Stärke verwandelt werden kann, sondern zu einem merklichen Theile von den Zellen der Sproßanlagen an sich gerissen wird. Damit ist die Möglichkeit des Wachsthums gegeben; die Ruheperiode ist beendigt." (Mit Beginn des Keimens tritt auch ein diastatisches Ferment auf.) — Diese seine Ansicht sucht Verfasser noch weiter durch verschiedene Vorkommnisse beim Auskeimen der Kartoffelknollen u. dergl. zu stützen.

IV. Ruheperioden anderer Pflanzen.

Aus diesen Auseinandersetzungen sei erwähnt, daß Verfasser die Winterruhe der Baumknospen analog den Verhältnissen in den Kartoffelknollen sich zurecht legt. Obwohl über Sommer in Stamm und Wurzel Stärke abgelagert wird, gelingt es dennoch den Knospen, geringe Mengen Zucker an sich zu reißen und sich allmählich weiter zu entwickeln. Später vermindert sich die Assimilationsthätigkeit, die Blätter fallen ab, die Zuckerzufuhr vermindert sich und hört auf; wenn die letzten Zuckermengen in den Zellen in Stärke übergeführt sind, steht das Wachsthum ganz still. In den stärkeführenden Zellen der Zweige und des Stammes werden sich nun ähnliche Vorgänge abspielen wie in den Zellen ruhender Kartoffeln; es resultirt ein kleiner Ueberschuß von Zucker für die Knospen, diese wachsen wieder selbst bei verhältnißmäßig niederer Temperatur, was sich mit der Reichlichkeit der Zuckerzufuhr steigert. Die Baumknospen wachsen ähnlich wie diejenigen austreibender Kartoffelknollen nicht aus eigener Kraft, z. B. durch in den Zweig abgeschiedenes zuckerbildendes Ferment, sondern sie müssen mit ihrer Entwickelung warten, bis die Stoffumsetzungen in den stärkehaltigen Zellen der Zweige derart verlaufen, daß Zucker für sie disponibel wird.

Bezüglich der weiteren, namentlich das „Treiben" der Pflanzen betreffenden Ausführungen muß auf das Original verwiesen werden.

In einer angeschlossenen Notiz ist gezeigt, daß die süß gewordenen Kartoffeln neben Glykose Rohrzucker enthalten. *C. K.*

U. Kreusler. **Ueber eine Methode zur Beobachtung der Assimilation und Athmung der Pflanzen und über einige diese Vorgänge beeinflussende Momente.** Landw. Jahrbücher Bd. XIV (1885). Heft 5/6 p. 913—965.

Den Pflanzen wird in einem dichten Behälter ein bekanntes Gewicht Kohlensäure zur Verfügung gestellt, das nach der Versuchszeit bleibende Gas durch kohlensäurefreie Luft aus dem Apparat verdrängt und unter Anwendung geeigneter Absorptionsapparate durch Wägung bestimmt. Die Differenz zwischen ver-

Digitized by Google

abreichter und wiedergefundener Kohlensäure giebt den Assimilationsverbrauch oder, wenn der Versuch im Dunkeln angestellt wurde, die Athmungsgröße der Pflanzen. Man kann nach dieser Methode, deren Einzelheiten hinsichtlich der Apparate u. s. w. im Original nachzusehen sind, fast jede beliebige Pflanzenart prüfen, mit viel größeren Objekten operiren und eine längere Reihe von Versuchen mit dem nämlichen Individuum anstellen. Da man sowohl Assimilations- wie Athmungsversuche mit den nämlichen Exemplaren ausführen kann, können selbst sehr geringe Assimilationsbeträge festgestellt werden, selbst solche, welche durch die Athmung mehr oder weniger kompensirt werden. Während bisher unnatürlich große Kohlensäuremengen zur Verwendung kamen, prüft Verfasser die Wirkung der Vegetation auf eine Atmosphäre von normaler Beschaffenheit und von dieser ausgehend den Einfluß mäßiger Steigerungen des normalen Kohlensäuregehalts, die Absorptionsmittel gestatten auch, den Pflanzen reichliche Luftmengen zur Verfügung zu stellen.

Um eine konstante Lichtquelle zu haben, wurde elektrisches Licht verwendet, dessen Wirkung befriedigend war, als der übergroße Reichthum an Wärmestrahlen durch einen Kühltrog mit Wasser vermindert wurde.

Als Versuchspflanzen dienten solche, welche leicht zugänglich sind, eine der Exposition günstige Blattstellung bieten und abgeschnitten im Wasser lange genug aushalten. (Bezüglich des Verhaltens abgeschnittener, in Wasser stehender Sprosse sind verschiedene Beobachtungen mitgetheilt.) Zu den meisten Versuchen dienten Zweige der Hainbuche, dann auch von Tropaeolum majus, Aspidium falcatum, Rubus, Castanea.

Den Versuchen, deren Fortsetzung in verschiedener Richtung in Aussicht gestellt ist, lassen sich zur Zeit die folgenden Punkte entnehmen:

1. Der relative Kohlensäuregehalt der umgebenden Luft ist von erheblichem Einfluß auf die Assimilationsenergie; die absolute Menge der der Pflanze innerhalb einer bestimmten Zeit zugänglich gemachten Kohlensäure dagegen von untergeordneter Bedeutung.

2. Von einem bestimmten, niedrigen Procentsatz (etwa wie in der atmosphärischen Luft) ausgehend, steigert sich die begünstigende Wirkung mit der Vermehrung der Kohlensäure anfangs recht schnell, dann immer langsamer, um schließlich sehr allmählich einem entgegengesetzten Einflusse zu weichen.

3. Unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen (25° C., elektrisches Bogenlicht von 1000 Normalkerzen bei 31 bis 45 cm Abstand) gestaltet sich die Quantität der Beziehung im Durchschnitt verschiedener Pflanzen annähernd wie folgt. Setzt man den relativen Kohlensäuregehalt der gewöhnlichen Luft = 1, die durch den Verbrauch der Kohlensäure (unter Mitberücksichtigung der Athmung) gemessene Wirkung = 100, so ergeben sich die nachstehenden Ziffern:

Relativer Kohlensäuregehalt	Assimilation
1	100
2	127
3,5	185
7	196
17	209
35	237
220	230
440	266(?)

Digitized by Google

4. Das Optimum der Kohlensäurewirkung scheint zwischen etwa 1 und 10% zu liegen und je nach wechselnden Versuchsbedingungen (z. B. dem Grade der Belichtung) sich etwas zu verschieben.

5. Ein die Assimilation auf das Einschneidendste berührender Faktor ist der Wassergehalt der Blätter. Etwa durch stärkere Verdunstung veranlaßte Verminderung des Feuchtigkeitgrades kann, lange ehe die Pflanze sichtbar welkt, unter Umständen schon dazu führen, daß die Assimilation bei bester Belichtung fast gänzlich sistirt wird. Mit dem (rechtzeitigen) Ersatz des Wassers kehrt auch die Assimilationskraft zurück.

6. In trockener Luft assimiliren daher die Pflanzen erheblich schwächer als in hinlänglich feuchter, sofern nicht der Verdunstungsverlust sich unmittelbar wieder decken kann. Der Stillstand der Vegetation bei anhaltend trockenem Wetter scheint größtentheils hierdurch bedingt.

7. Vollkommene Dunstsättigung der Luft und dadurch bedingter schwacher Transpirationsstrom scheint auf den Assimilationsproceß an und für sich nicht ungünstig einzuwirken.

8. Die Verdunstung seitens der Blätter scheint im Licht rascher vor sich zu gehen als im Dunkeln.

9. In der Verfärbung begriffene Blätter assimiliren, hinlänglichen Wassergehalt vorausgesetzt, noch fortdauernd kräftig nach Maßgabe des grün verbliebenen Antheils.

10. Mit Hilfe einer elektrischen Bogenlichtlampe von beiläufig 1000 Normalkerzen können kräftige Assimilationswirkungen erzielt werden, wenn man unter Vermeidung schädlicher Wärmestrahlung die Belichtung aus geringen Abständen (0.3—0.45 m) vornimmt. Der Effekt kann dann unter Umständen dem einer gemäßigten Tagesbeleuchtung gleichkommen oder ihn selbst übertreffen.

11. Das Gesetz der proportionalen Beziehungen zwischen Belichtungs- und Assimilationsintensität fand sich beim Gebrauch des elektrischen Lichtes in gewissen Grenzen annähernd bestätigt.

12. Schon bei 1 bis 1,5 m Abstand wird die Wirkung der elektrischen Lampe oft bereits so schwach, daß die Assimilation nicht oder kaum hinreicht, den Athmungsverlust auszugleichen.

13. Bezüglich der Athmung geben die Versuche keinen merklichen Einfluß weder des Kohlensäuregehalts noch des Wassergehalts der Luft zu erkennen. Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Pflanze scheint hierfür von geringer Bedeutung. *C. K.*

A. Wigand. **Studien über die Protoplasmaströmung in der Pflanzenzelle.** Forschungen a. d. bot. Garten in Marburg. Heft I. 1885. S. 169—224.

C. Rohrbach. **Ueber die Wasserleitungsfähigkeit des Kernholzes.** Zeitschrift f. Naturwissenschaften. Bd. LVIII. (Neue Folge. Bd. IV.) Halle 1885. S. 319—347.

F. R. Kjellman. **Ueber das Vordringen der Ausläufer im Boden.** Bot. Centralbl. von O. Uhlworm. Bd. XXV. Nr. 9. S. 290.

Digitized by Google

III. Agrar-Meteorologie.

Untersuchungen über die Wirkung der klimatischen Faktoren auf das Wachsthum der Kulturpflanzen.

Von Dr. **F. C. Tschaplowitz** in Proskau.

I.

Es sind hauptsächlich drei Fragen, welche die Praxis des Pflanzenbaues an die Wissenschaft stellt. Die erste derselben hat das Nahrungsbedürfniß der Pflanzen, also den Stoffverbrauch, die zweite die Größe des Wasserbedarfs, und die dritte die klimatischen Bedingungen, also vorzugsweise den Einfluß der Kräfte — Licht, Wärme etc. im Auge. So Hervorragendes jedoch auch auf diesen Gebieten geleistet worden ist, so ist doch keine dieser Fragen bis jetzt zum Abschluß gelangt. Zum großen Theil verschulden dies die Schwierigkeiten, welche sich in den betreffenden Untersuchungen auf diesen Gebieten herausstellen. Häufig liegt die letzte Entscheidung in der Hand der chemischen quantitativen Analyse; recht oft — nach des Verfassers Ansicht zumeist — liegen jedoch auch Schwierigkeiten in anderen Umständen begründet.

Ohne Zweifel ist die erste der genannten Fragen für Landwirthschaft und Gartenbau die wichtigste, während die nach den klimatischen Faktoren von mehr untergeordnetem Werthe erscheint, da die Landwirthschaft und Forstkultur nur wenig Einwirkung auf diese nehmen können, und nur der Gartenbau zu seinen Gunsten die Unbilden der Witterung zu mäßigen, ja einzelne Faktoren in ihrer Wirksamkeit zu steigern vermag. Verfasser aber fand schon früher, daß ohne nähere Kenntniß der Einwirkung der Kräfte, d. h. ohne Kenntniß des Nutzeffektes derselben in der Erforschung jener ersten Frage, der des Stoffsverbrauchs, nicht weiter zu kommen sei. Von eben so großer Wichtigkeit ist die Berücksichtigung

Digitized by Google

der Einwirkung genannter und anderer Kräfte bei den Untersuchungen des normalen Wasserbedarfs der Pflanzen aus naheliegenden Gründen. Mit einem Worte, Verfasser sah sich dazu geführt, eine getrennte Bearbeitung der drei Fragen als unthunlich, ja zweckwidrig aufzugeben und schreibt sogar manche der bisherigen Mißerfolge dem Unterlassen dieses zu.

So werden z. B. zur Klarstellung der ersteren Frage komparative Düngungvsersuche angestellt, oft aber wird doch das Resultat getrübt werden können in Folge z. B. von Bodenwasserverhältnissen[1]). Ganz dasselbe tritt ein, wenn in entscheidenden Zeiten, event. Phasen des Wachsthums die Temperatur nicht die erforderliche Höhe erreichte, sondern im Minimum geboten war; die beiden Vergleichsparzellen „Gedüngt" und „Ungedüngt" werden sich dann in der Menge ihres Ernteresultates nicht unterscheiden, sondern eine gleiche Produktion zeigen. In den unten angeführten Versuchen tritt der Fall ein, daß eine Frühjahrsdüngung gleichgültig, eine spätere förderlich gewesen ist. Wie oft mögen nicht bei Feldversuchen solche und ähnliche Fälle eingetreten sein und zu unrichtigen Schlüssen in Bezug auf das Nährstoffbedürfniß einer Pflanze resp. des Bodens geführt haben! In vielen Fällen mag ja der gewöhnliche Düngungsversuch entscheidend genug sein, in vielen anderen jedoch, besonders bei der Gartenkultur und namentlich bei Versuchen im wissenschaftlichen Interesse ist ein tieferer Einblick in das Spiel der Kräfte und Stoffe wünschenswerth. Der Praktiker vermag wohl beim Anbau häufig zu entscheiden, welchem Nebenumstand er eine Mißernte zu verdanken hat; allein er trifft dies doch nur in den besonders eklatanten, in die Augen springenden Fällen, keineswegs in allen.

Es bedarf aber auch wohl dem Praktiker gegenüber nicht mehr des Hinweises, daß es für jede Art des praktischen Pflanzenbaues — in der

[1]) Paul Wagner sagt, Biedermanns Centralb. 1883 p. 735 (daselbst aus Landw. Jahrb. 12. H. 3, 4 und 5): „Soll die Wirkung einer Düngung durch vergleichende Versuche festgestellt werden, so müssen auf den Vergleichsparzellen alle Wachsthumsfaktoren — abgesehen von der auf ihre Wirkung zu prüfenden Düngung — gleich und im Ueberschuß vorhanden sein, während der Faktor Düngung im relativen Minimum vorhanden sein muß." Seine alsdann folgenden, auf das Bodenwasser bezüglichen Erwägungen passen jedoch auch auf die atmosphärische Dunstsättigung wie überhaupt auf jeden Wachsthumsfaktor. (Daß diese Dunstsättigung in Höhe und Gang weder vom Bodenwasser noch vom Regen abhängt, also mit einer etwaigen Bestimmung dieser Elemente die der Dunstsättigung nicht umgangen werden kann, soll unten nach vorliegenden Versuchen erwiesen werden.

Digitized by Google

Landwirthschaft sowohl als bei der Kultur der doch vielfach von einander in ihren Bedürfnissen abweichenden Gartenpflanzen — geboten ist, womöglich alle Bedingungen — Kräfte, Stoffe, Mengenverhältnisse, den Wechsel dieser und überhaupt die Art des Zusammenwirkens aller Faktoren zu kennen. Dieses erst ist es ja, was wir als die naturgesetzliche Grundlage des Pflänzenbaues bezeichnen.

Nachdem Verfasser Dieses bezüglich der Art des Zusammenwirkens von Kraftform und Körper auf das a priori schon zu erschließende Resultat gekommen war, daß alle Ursachen des Wachsthums — innere wie äußere, Körper wie Kräfte — wenn nicht allerseits optimale Verhältnisse stattfinden sollten, bezüglich ihrer Wirksamkeit dem Minimumgesetz unterliegen[1]), gestaltete sich die Frage der höchsten Produktion folgendermaßen. Welche Abänderungen haben wir im normalen Entwickelungsverlauf einer Kulturpflanze durch Abänderungen in Höhe, Menge, Periodicität der Faktoren eintreten zu lassen, um die Produktion möglichst zu steigern, bestehe dieselbe nun in der Pflanze im Ganzen oder in irgend welchen Gliedern derselben — Blättern, Blüthen, Früchten, Samen, Knollen etc.

Um zur Lösung dieser Frage beizutragen, hat nun Verfasser zunächst versucht, eine Pflanze so zu kultiviren, daß der gesammte Entwickelungsgang derselben durch alle Phasen hindurch als ein normaler betrachtet werden muß. Erst nach Ermittelung des normalen Wachsthums und nach Feststellung der Methoden zur Erzielung desselben kann die Frage, ob und wann zur Erreichung eines bestimmten Endzweckes einer oder einige der Faktoren im Minimum zu stehen haben, oder ob sie vielleicht sogar über die (für die normale Blattassimilation) optimale Menge hinaus geboten werden müssen, gestellt werden.

Da die am Versuchsorte zur Verfügung stehende Lichtmenge (Intensität und Tagesdauer) die unabänderliche, also die gegebene, absolute Größe, der Ausgangspunkt bei Herstellung des optimalen Verhältnisses der Faktoren ist, während die anderen Kräfte und Stoffe die abhängigen Größen sind, so bezieht sich streng genommen diese Norm nur auf alle Orte gleicher Breite und in der gleichen Vegetationszeit, ist jedoch im Uebrigen von jeder Willkürlichkeit frei.

Daß wir aber der Aufstellung irgend eines normalen

[1]) Vergleiche des Verfassers Untersuchungen über die Einwirkung der Wärme etc. Leipzig, Voigt. 1882.

Digitized by Google

Maßes bedürfen, um specielle pflanzliche Produktion zu messen, ist ein wohl mehrseitig gefühltes Bedürfniß. (Vgl. weiter unten.)

Auch anderweiter Nutzen dürfte aus exakten Ermittelungen genannter Art hervorgehen. Wir lernen die näheren Wirkungen der einzelnen Faktoren besser kennen, als wenn wir, wie gewöhnlich geschieht, denjenigen Faktor, dessen specielle Wirksamkeit auf die Pflanze gesucht wird, bloß im großen Ueberschuß geben und nicht beachten, wie das gegenseitige Verhältniß der anderen gestaltet ist; ferner auch lernen wir Erscheinungen der Pflanzenmetamorphose bezüglich ihrer Ursachen besser verstehen[1]).

Wir vermögen ferner aus den genannten Ermittelungen mit Wahrscheinlichkeit Schlüsse auf die Heimatverhältnisse einer Pflanze und ihre Heimat selbst zu ziehen. So hält Verfasser dieses beispielsweise für erlaubt, aus den nachfolgenden Versuchen mit der Erbsenpflanze zu schließen, daß dieselbe nicht einem Binnenlande, sondern warmen und wasserdampfreichen Küstengegenden entstammt.

II.

Verfasser hat die hier vielfach angebaute, leicht zu kultivirende Erbsen-Varietät „Buxbaum" als Versuchsobjekt gewählt.

Nach mehrjährigen Vorversuchen über die derselben zusagenden Boden-, Nährstoff-, Wasser-, Temperatur- und Luftfeuchtigkeits-Verhältnisse unter den in unseren Breiten zur Zeit der Vegetation dieser Pflanze herrschenden Lichtintensitäten hat Verfasser nunmehr unter Gewährung derjenigen Bedingungen, welche die Ergebnisse der Vorversuche vorge-

[1]) Als z. B. die Kartoffel aus ihrem warmen und in der Vegetationszeit auch nebel- und regenreicheren Vaterlande in verschiedene nördlichere Klimate gebracht wurde, hat die vortheilhafte Umgestaltung derselben aus einer Pflanze, deren Blüthen vorzugsweise entwickelt, deren Knollen aber klein waren, in unsere Kulturform höchst wahrscheinlich nur dadurch stattfinden können, daß in den gemäßigten Klimaten die Temperatur und die Dunstsättigung zurücktreten, die Lichteinwirkung aber eine gesteigerte ist. Die niedrigere Temperatur vermochte nicht in den Blüthen Riechstoffe zu entwickeln. Die verlängerte Tagesdauer hat aber offenbar die Assimilation gesteigert, während gleichzeitig die veränderte Dunstsättigung kein der Assimilation entsprechendes, üppiges Entfalten der oberirdischen Organe gestattete, und so mußte die vermehrte Stärkeabsonderung den unterirdischen Stengeln zu Gute kommen und dort sich in den Knollen die Stärke ansammeln.

Digitized by Google

schrieben haben, dieselbe kultivirt und durch fortlaufende Bestimmung der Trockengewichtszunahme (von drei zu drei Tagen) die unten angegebenen und Tafel II. graphisch dargestellten Zahlenresultate erhalten.

Diese Zahlen unterscheiden sich wesentlich von den an im freien Felde kultivirten Pflanzen ermittelten: sie sind die einer normalen, unter normalen Bedingungen erwachsenen Pflanze (oder erreichen dieselben wenigstens in so weit, als ein erstes Experiment, welches unter Kenntniß der Qualität und der Quantität der mitwirkenden Faktoren und unter deren entsprechender genau bemessener Gewährung angestellt wurde, eine Konstante zu erreichen vermag).

Während bei den an den landwirthschaftlichen Versuchsstationen vorgenommenen Ermittelungen der Trockensubstanzzunahme die Pflanzen im freien Felde angebaut waren, und es dort bald an Wärme, bald an Bodenwasser, bald an Luftfeuchtigkeit und Anderem fehlt, diese Faktoren also oft im Minimum stehen und das Wachsthum beherrschen d. h. herabdrücken, bald auch wohl in einer Menge geboten werden oder mit einer Intensität wirken, welche des Guten zu viel bietet, sind die Pflanzen des nachfolgend beschriebenen Versuches während der ganzen Dauer ihrer Vegetation — mit Ausnahme eines nicht vorherzusehenden Auftretens einer Temperaturerniedrigung in den letzten Maitagen und eines desgleichen von Lichtabschwächung Ende Juni — nicht in ähnlicher ungünstiger Lage gewesen, wie aus den zusammengestellten Zahlen, besonders deutlich aber aus der graphischen Darstellung Taf. II. ersichtlich ist. Die Pflanzen dieses letzten maßgebendsten Versuches haben, abgesehen hiervon, nicht nur zu jeder Zeit ihren Bedarf an Wärme u. s. w. vollständig decken können, sondern es ist auch zu keiner Zeit ein nachtheiliger Ueberschuß irgend eines der Wachsthumsparticipienten eingetreten, was sich daraus ergiebt, daß weder das Sinken noch das Steigen der betreffenden eine gleichsinnige Bewegung der Wachsthumskurve hervorgerufen hat, wie es bei Mangel, oder wie es umgekehrt bei nachtheiligem Ueberfluß hätte stattfinden müssen, und somit hoffe ich, die so erzogenen Pflanzen normale Pflanzen nennen zu dürfen; es sind Pflanzen, welche in der Höhe sowohl als auch in dem Tempo ihrer Entwickelung die äußerste Grenze erreicht haben, die von den innern Kräften und Stoffen des Samens und des Pflanzenkörpers (welche Kräfte und Stoffe nun ihrerseits im Minimum stehen) gesteckt worden ist.

Digitized by Google

Daß bei den im freien Felde gebauten Pflanzen sehr häufig einer der Faktoren Wärme, Luftfeuchtigkeit, Bodenwasser (seltener auch das Licht) im Minimum steht, ist oft leicht nachzuweisen, wie ich schon in meinen „Untersuchungen über die Einwirkung der Wärme. Leipzig 1882" gezeigt habe. Mit Hilfe der Zahlen der an den landwirthschaftlichen Versuchsstationen angestellten Trockensubstanzbestimmungen landwirthschaftlicher Kulturpflanzen gelingt dies oft, wenn man sich die vollständigeren meteorologischen Daten zu verschaffen vermag. Dieselben lassen sich aber nur für solche Versuchsstationen erlangen, in deren Nähe zugleich auch eine meteorologische Station gelegen ist, und habe ich für einige derselben aus den in dem meteorologischen Centralinstitut[1]) zu Berlin aufbewahrten Zahlenmaterial mir die die wichtigeren Verhältnisse, besonders die Dunstsättigung betreffenden extrahirt und mit den in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern veröffentlichten Trockensubstanzzahlen zusammengestellt und verglichen. Am übersichtlichsten zeigen sich diese Verhältnisse bei der graphischen Darstellung. So ist zum Beispiel aus den von Hammerbacher, Brimmer und König (Ref.) in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern 1876 p. 441 veröffentlichten Angaben ersichtlich, daß die Wachsthumsdepression vom 9. bis 16. Juli nur vom Temperaturrückgange verursacht worden ist. Zuweilen ist es von den täglichen Temperaturnotirungen nur eine bestimmte Intensität, für welche sich die Einwirkung nachweisen läßt, so bei den von Prehn, Hornberger und Kreußler (Ref.), Landwirthschaftliche Jahrbücher 1878, veröffentlichten Daten, woselbst die Depression vom 14. bis 21. August sich nur aus dem Sinken der Minimumtemperatur herleiten läßt.

Daß die atmosphärische Dunstsättigung im Minimum stehen und somit die Wachsthumskurve beeinflussen kann, läßt sich beispielsweise ersehen aus den von Caplan in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern 1877 p. 801 ff. veröffentlichten Angaben. Wie dieselben zeigen, geht die am 7. August eintretende Abnahme des Wachsthums gleichsinnig mit der Abnahme der Dunstsättigung.

Der Mangel an Bodenwasser ist es höchst wahrscheinlich, welcher

*) Herr Direktor Dr. Hellmann und Herr Assistent Dr. Kremser haben mir in gefälligster Weise das dort deponirte Material der deutschen meteorologischen Stationen zugänglich gemacht, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen mich verpflichtet erachte.

Digitized by Google

das Herabgehen des Wachsthums in dem von Neubert und Teichler, Landw. Jahrb. 1877 p. 833, veröffentlichten Versuch bedingt, welches in der Periode vom 17. bis 24. Juli stattfindet.

Die Verschiedenartigkeit der Bedürfnisse in Bezug auf Dunstsättigung und Temperatur zweier verschiedener gleichzeitig wachsender Pflanzenarten zeigt deutlich ein von Mutschler und Kreuch, Landw. Jahrb. 1879 p. 632, veröffentlichter Versuch, nachdem die Dunstsättigungszahlen eingetragen sind. Die Mitteltemparatur schwankt während der Zeit vom 10. Mai bis 21. Juni zwischen 13° und 17° C.; steigt in der nächsten Periode aber auf 24° C.; ganz entsprechend verhält sich das Wachsthum des Weißklee, welcher vom 10. Mai bis 21. Juni langsam es auf 0,064 gr, in der nächsten 7tägigen Periode aber schon auf 2,000 gr bringt. Anders verhielt sich die Luzerne, ihr Wachsthum folgte der Dunstsättigungskurve. Diese hielt sich während des ersten Zeitraumes relativ hoch, am 21. Juni trat jedoch eine starke Depression ein, welcher aber am 29. eine gleiche Elevation folgte. Entsprechend verhielt sich die Luzerne; ihr erstes Wachsthum war ein hohes, blieb dann entsprechend der Depression vom 21. Juni etwas zurück und stieg endlich bedeutend vom 29. Juni an.

Daß ein Ueberschuß eines Faktors von nachtheiliger Wirkung ist, läßt sich in Bezug auf die Dunstsättigung an einem von Oswald, Landw. Jahrb. 1878 p. 531, angegebenen Versuch nach Einzeichnung der betreffenden Dunstsättigungszahlen zeigen. Es lassen sich in denselben deutlich vier Perioden einer hohen Dunstsättigung unterscheiden, und jeder derselben entspricht eine Assimilationsabnahme.

Die im freien Felde gebauten Pflanzen sind aber auch außerdem noch in jedem Jahre anders, d. h. nach den Maßen einer anderen Wachsthumskurve gewachsene Pflanzen, wegen der in jedem Jahre zu anderen Zeitpunkten eintretenden Herrschaft der einzelnen Witterungselemente, welche das, was die inneren Kräfte daran bauen, verdecken, und so wie die Meteorologie nur nach vielen (dreißig und mehr) Jahren das Mittel des Witterungszustandes einer Gegend zieht, so würde es so vielmal angestellter Trockensubstanzermittelungen benöthigen, um von einer und derselben Pflanze, wenn sie im Freien wächst, die mittlere Produktion derselben berechnen zu können. Die so ermittelten Zahlen wären dann aber noch nicht die einer Normalpflanze, sie gäben keineswegs das

Digitized by Google

an, was die Pflanze in jeder ihrer Lebensphasen in Wirklichkeit, sondern nur, wieviel sie unter der Witterung der betreffenden Gegend an dieser Pflanze zu produziren vermag.

Dagegen ist die Methode, nach welcher ich verfahren habe, zugleich auch die einzige Methode, normale Pflanzen zu erzielen und somit geeignet, den Anforderungen De Vries zu genügen (Landw. Jahrb. 1876 p. 757 ff.), indem sie erlaubt, „die wichtigste Funktion der Pflanze (die Assimilation) in quantitativer Hinsicht kennen zu lernen", und indem sie ermöglicht, „die Gewinnung einer festen Grundlage für die ganze Statistik des ganzen Pflanzenbaues, einer Einheit für jede Kulturpflanze, mit der sich alle an derselben Art gewonnenen Resultate klar und bequem vergleichen lassen[1])".

Schließlich möchte ich noch hervorheben, daß die unten näher angegebene Methode sich jederzeit selbst kontrolirt, denn jede Zu- oder Abnahme im Fortgange des Wachsthums, welche mit einer gleichgerichteten Bewegung eines der Wachsthumsfaktoren zeitlich zusammenfällt, beweist die Herrschaft dieses Faktors und charakterisirt sich selbst sonach als falsches Resultat. Auch ist das vorgesteckte Ziel überhaupt nicht durch Bestimmungen nach siebentägigen Perioden zu erreichen; in diesen zu lang bemessenen Zeiträumen verwischen sich die stattgefunden habenden speciellen Einwirkungen der einzelnen Witterungselemente.

Die Anstellung eines Versuchs nach dieser Methode setzt das Erfülltsein einiger Vorbedingungen voraus: wegen der Periodicität einiger

---

[1]) Leider hatte jedoch De Vries durch die Art der Fragestellung event. der Stellung der Aufgabe für jene Experimentatoren den Weg verschlossen, welcher zu den gewünschten Zielen führen kann, indem er vorschrieb, daß die Pflanzen im Freien kultivirt werden sollten, auch genauere meteorologische Angaben nicht verlangte (weil sie, wie er meint, für den vorliegenden Zweck nicht verwendbar seien!?). Da er außer den oben angegebenen Endzwecken der Untersuchung (p. 770 u. ff.; Landw. Jahrb. 1876) noch verlangte, „die Kurven sollen uns auch selbständig belehren, uns neue Aufschlüsse über die wichtigsten Vorgänge im ganzen Pflanzenleben geben", hätte er die „Zackungen", welche von „Beleuchtung, Temperatur und Wetter" herrühren, ganz ausschließen müssen; damit wäre dann freilich auf Grund des Minimumgesetzes auch der Feldversuch ausgeschlossen gewesen. Wie sollen denn neben den durch die Schwankungen von Beleuchtung, Temperatur und Wetter hervorgerufenen „Zackungen" die anderen in der Natur der Pflanze begründeten gleichzeitig oder kurz nach einander auftretenden, gleich- oder entgegengesetzt gerichteten als solche erkannt und von jenen unterschieden werden?

Digitized by Google

Wachsthumsfaktoren — des Lichts, der Wärme — muß der Versuch in die Zeit gelegt werden, in welche allgemein der Anbau der betreffenden Pflanze fällt. Dies muß auch deswegen schon geschehen, damit das Licht dabei immer in den gleichen, der Pflanze angewöhnten Intensitäten, und somit, wie wir annehmen, im „Ueberfluß" vorhanden ist, weil wir dasselbe im Versuche wohl abzuschwächen aber nicht zu verstärken oder zu vermehren, also trübe Tage nicht zu erhellen, oder an kurzen Tagen dessen Einwirkung nicht zu verlängern vermögen. Tritt dennoch, wie Kreußler nachgewiesen, das Licht hin und wieder auch im Sommer einmal minimal auf, so ist wohl meist der Fehler zu erkennen und im nächsten Versuchsjahr zu eliminiren.

Es ist ferner nothwendig, daß die Temperatur während der Versuchszeit sich nicht allzuweit von ihrem Optimum entfernt; die größten Extreme gelingt es ja abzustumpfen.

Die Höhe der übrigen Vegetationsbedingungen vermag man genügend zu mäßigen und zu reguliren, wenn man die Pflanze bei Regen unter Dach bringen und bei Trockenheit der Luft entsprechend für Anfeuchtung derselben (der Luft) zu sorgen vermag. Gradezu nothwendig ist es jedoch, daß die Temperatur und die Dunstsättigung um ihre Optima, jedoch in nicht ausgedehnter Weise, schwanken. Würde das Klima des Versuchsortes solche Schwankungen nicht bedingen, so müßten dieselben künstlich hervorgerufen werden, weil ja daran, daß die Wachsthumskurve ihnen folgt resp. nicht folgt, erst beurtheilt werden soll, ob die Höhe des Wachsthumsfaktors angenähert richtig bemessen war. Diese Schwankungen um diejenige Höhe oder Intensität, welche also durch den Vorversuch als dem Optimum sehr nahe liegend erkannt ist, haben deshalb bei den beiden hier in Frage stehenden Faktoren sowohl einmal gleichzeitig in gleichem Sinne als auch das andere Mal gleichzeitig in ungleichem Sinne stattzufinden.

A. Vorversuche.

I. Zu dem vorgesetzten Zwecke wählte ich die auf hiesigem Königl. Pomologischen Institute seit Jahren angebaute Buxbaumerbse (da es sich ja zunächst nur um die Methode und nicht um Verhältnisse einzelner bestimmter Pflanzenarten handelt). Zunächst mußte die Vorfrage, welche Erdmischung die geeignetste sei, gelöst werden, da die Gartenbauschriftsteller darin nicht ganz übereinstimmen, indem die einen mehr humus-

Digitized by Google

reichen, die andern mehr sandig-lehmigen Boden empfehlen; die meisten aber fordern, daß der Boden mehr kalkhaltig, auch nahrhaft, aber nicht frisch gedüngt sei. Es wurden gewählt: 1. Frühbeeterde, 2. Lauberde, 3. eine Mischung aus drei Theilen (Volumen) Frühbeeterde, einem Theil Sand und einem Theil Lauberde und endlich 4. dieselbe Mischung, welcher aber verschiedene Pflanzennährstoffe zugesetzt wurden, als die Pflanzen etwa 14 Tage alt waren, weil ich annahm, daß diese Erdmischung sich als die günstigste erweisen würde. Nährstoffe gab ich deswegen schon jetzt beim Beginn des Versuchs, weil ich glaubte, daß der erfahrungsmäßige Nachtheil der frischen Düngung bei Erbsen weniger in der Concentration als darin begründet sei, daß die Fäulnißprodukte des in der Praxis angewendeten frischen Stalldüngers, ehe sie vollständig oxydirt sind, nachtheilig für die Pflanzenwurzeln sind.

Der Gehalt der Erden an Wasser und Humus (durch Verbrennung bestimmt, da es auf geringfügige Unterschiede einstweilen nicht ankam) war folgender:

Lauberde	Frühbeeterde	Mischung	
22,4 %	7,4 %	8,4 %	Humus.
32,4 %	19,2 %	18,0 %	Wasser.

Diejenigen, welche Nährstoffe erhielten, bekamen dieselben zu 0.5 ‰ in destillirtem Wasser gelöst, und erhielt je eine Reihe von 7—10 Exemplaren je eins der folgenden Salze ev. Gemische: 1. Kaliumsulfat, 2. Kaliumchlorid, 3. Kaliumphosphat, 4. Kaliumnitrat, 5. Kaliumnitrat + Kaliumphosphat, 6. Natriumnitrat, 7. Magnesiumsulfat, 8. Calciumnitrat, 9. eine Mischung aus Calciumnitrat 4, Kaliumphosphat 1 Gewichtstheil und endlich 10. Calciumcarbonat und 11. Aetzkalk (d. h. Kalkwasser).

Die Entwickelung der Pflanzen dieses Vorversuchs wurde bloß durch Messungen der Stengellänge und der Blattgröße besimmt, und es ergab sich, daß innerhalb der ersten vier Wochen die Lauberdepflanzen von allen am besten standen. Nach weiteren vier Wochen jedoch stellte sich die Rangordnung derart, daß die in der Frühbeeterde wachsenden den ersten Rang einnahmen, alsdann folgten die mit Calciumphosphat gedüngten, denen zunächst die Lauberde und zuletzt die in der ungedüngten Mischung folgten. Sie erhielten sich in dieser Reihenfolge bis zur Ernte (welche jedoch schon kurz nach der Blüthezeit erfolgte).

Digitized by Google

Was den Erfolg der anderen Nährsalze anlangt, so kommen die meisten Pflanzen den ungedüngten gleich, etwas besser standen in aufsteigender Linie die Pflanzen, welche erhalten hatten Calciumoxyd, Calciumnitrat, Kaliumsulfat und Kaliumnitrat.

Daß die in Lauberde wachsenden jungen Pflanzen am besten gedeihen, wird seinen Grund darin finden, daß diese Erde unbeschadet ihrer großen Lockerheit eine größere Menge Wasser birgt als die andern Erden; in späteren Stadien wird sich dann das erhöhte Nährstoffbedürfniß geltend machen.

II. Um nun zu finden, welches die geeignetste Zeit der Nährstoffzuführung sei und zugleich auch, ob sich die eben gewonnenen Resultate auch vollständig bestätigen, wenn die Pflanzen in Töpfen kultivirt werden, wurden, da sich nunmehr bei vorgeschrittener Jahreszeit die Möglichkeit hierzu erwies, Samen gleicher Größe und Schwere in Töpfe sowohl als auch in Glasgefäße gebracht und zu verschiedenen Zeiten gedüngt.

Es wurden auf Grund der obigen Ergebnisse am 17. Mai die (gequellten) Samen[1]) in eine Erdmischung aus 1 Theil (Volumen) Lauberde und 2 Theilen Frühbeeterde gesäet, und zuerst von vier Reihen von je 12 Exemplaren die eine Reihe mit 1 ‰, die zweite mit 2 ‰, die dritte mit 3 ‰ Nährstoff enthaltender Lösung versehen, während die vierte Reihe nicht gedüngt wurde. Die Nährstoffmischung bestand aus gleichen Gewichtstheilen Kalknitrat und Kaliumphosphat und wurde entsprechend dem Wasserbedürfniß verabfolgt. Außer den eben angeführten war noch eine größere Anzahl von nicht gedüngten Pflanzen, um den Erfolg einer späteren Düngung zu ersehen, reservirt worden. Alle diese Pflanzen wurden in gleich großen Glasgefäßen unter sonst gleichen Bedingungen kultivirt. Eine Anzahl von 50 Exemplaren war gleichzeitig in Töpfe (Thontöpfe von 10,5 cm Höhe und 11,5 cm oberem Durchmesser) gesäet worden; sie erhielten, da hier jeder Pflanze das zweieinhalbfache Volumen an Erde zur Verfügung stand, vorläufig keine Düngung.

[1]) Gewicht: 0,22—0,229 g, Durchmesser 6,5—7,0 mm, Volumen (gemessen) 183,7 cmm, spec. Gew. (berechnet) 1,224. Eingequellt den 15. Mai (Verlust 10 %), in Sand zum Keimen den 16. Mai (Verlust 9 %). In Erde gebracht den 17. Mai, aufgegangen waren sie bis zum 24. Mai; alsdann wurden die Pflänzchen zwischen 40 und 54 mm Höhe ausgewählt (Verlust 8 %) und in den Versuch gestellt, am 28. Mai.

Digitized by Google

Das zunächst zu beobachtende Resultat war jedoch, daß von diesen sechs Versuchsreihen die in Töpfen gesäeten Pflanzen bald alle anderen bei weitem übertrafen an Größe und Ueppigkeit; und daß die gedüngten der in Glasgefäßen kultivirten gegen die ungedüngten Pflanzen zurückblieben.

Bei den oben angeführten und den übrigen nicht gedüngten Pflanzen entwickelten sich jedoch ziemlich gleichzeitig (um den 20. Juni) die Blüthen, und so wurden dieselben nunmehr der ursprünglichen Absicht entsprechend (ausgeschlossen die Topfpflanzen) in vier Reihen von je zwölf Exemplaren gebracht und neben einer ungedüngten, die zweite mit 1 ‰, die dritte mit 2 ‰ und die vierte mit 3 ‰ Nährstoff obiger Zusammensetzung gedüngt.

Sie wurden geerntet am 15. Juli und das Gewicht der Pflanzen sowie der Hülsen (Früchte) einer Pflanze, bei 100° C. getrocknet, bestimmt.

Es ergiebt sich, daß die Nährstoffzuführung zur Blüthezeit von großem Gewinne für die Pflanzen gewesen ist.

Tabelle 1.

Ohne Nährstoffzuführung		Mit Nährstofflösung		
		1 ‰	2 ‰	3 ‰
Zahl der Pflanzen:	10	10	11	9
Gewicht einer Pflanze (ohne Hülsen):	0,7312 g	0,9036 g	0,9100 g	1,0120 g
Gewicht der Hülsen:	0,6150 »	0,9000 »	0,8980 »	0,8651 »
Summa:	1,3462 g	1,8036 g	1,8080 g	1,8771 g

III. Da zu Anfang des eben angeführten Versuchs die in Töpfen wachsenden Pflanzen besser sich entwickelten als die übrigen, und somit diese Methode sich als die geeignetste zur Ermittelung der Wachsthumskonstanten erwies, so begann ich alsbald mit den Messungen auch Wägungen abgeschnittener Exemplare zu verbinden. Es wurden also alle drei (resp. vier) Tage vier Exemplare geerntet und dann gewogen. Von Ermittelung der Wurzelmenge wurde abgesehen. Das Material reichte nicht vollständig bis zur vollendeten Samenreife aus, so daß ich am 24. Juni eine längere Pause eintreten lassen mußte.

Digitized by Google

Die nachfolgend zusammengestellten Ernteresultate zeigen zunächst, daß das Endgewicht ein günstigeres war, als selbst die gedüngten Pflanzen des vorigen Versuchs aufzuweisen haben. Vergleicht man jedoch die Zahlen, Tabelle 2, unter sich und besonders die Depressionen des Wachsthums, Tafel I, am 11ten, 15ten und 21ten Juni, so findet man, daß den Bedürfnissen der Pflanzen in verschiedenen Richtungen nicht vollständig Rechnung getragen sein kann. Vergl. Tafel I.

Tabelle 2.

Datum	Temperaturmaxima ° C.	Dunstsättigung 2 Uhr Nachmittags % rel. F.	Trockengewicht einer Pflanze gr
28. Mai.	21,2	91	0,1881
1. Juni.	26,2	50	0,1509
5 »	28,7	35	0,1955
8 »	28,2	36	0,2583
11. »	26,2	70	0,4475
15. »	24,1	71	0,5905
18. »	18,7	86	0,6256
21. »	13,3	91	0,6910
24. »	16,9	81	0,6763
18. Juli.			2,4305

IV. Inzwischen war damit begonnen worden, verschiedene kleine Vegetationshäuser so vorzurichten, daß die Dunstsättigung und womöglich auch die Temperatur auf von einander verschiedener Höhe einige Zeit erhalten werden konnte; durch Einhängen nasser Leinwand, Oeffnen der Thüren und Bedeckung dieser Häuser in verschiedenem Maße war das auch früher schon gelungen[1]); allein es erwies sich, daß die äußere Temperatur (in der zweiten Hälfte des Juni) doch schon zu hoch für einen Versuch in Häusern mit den genannten Pflanzen war, und würde ich dieser Experimente gar nicht erwähnen, wenn dieselben nicht wenigstens wieder zur Bestätigung eines früher schon gefundenen Resultates Material zu liefern vermöchten; dieses Resultat war: Wenn von zwei Pflanzen, welche im Uebrigen unter ganz gleichen Bedingungen wachsen, die eine durch eine höhere Luftfeuchtigkeit in ihrer Transpiration mehr gehemmt ist als die andere, so assimilirt (wächst) die erstere auch mehr als die zweite — so lange, als der Gehalt der Luft an Wasserdampf im Minimum steht.

[1]) Botan. Zeitg. 1883. N. 22.

Digitized by Google

Am 18. Juni wurden eine Anzahl (gleich großer und gleich schwerer) gekeimter Erbsen in Töpfe in Lauberde gebracht, auf welche später Frühbeeterde aufgeschüttet wurde, ohne Nährstoffzusatz. Am 25. Juni waren sie meist 2—4 cm hoch und wurden am 27. in die vier Vegetationshäuser vertheilt, konnten jedoch aus dem Grunde, weil die Temperatur nicht genügend erniedrigt werden konnte, nur acht Tage in denselben erhalten werden, sie wurden deshalb abgeschnitten, getrocknet und gewogen.

Tabelle 3.

Anfangsgewicht der Samen: 0,230—0,240.
Durchmesser: 7,0 mm.
Vegetationsdauer vom 18. Juni bis zum 4. Juli, in den Glashäusern vom 27. Juni bis zum 4. Juli.

Zahl der geernteten Pflanzen:	9	7	9	8
Gewicht einer Pflanze (bei 100° C. getrocknet):	0,1194	0,0970	0,1035	0,0986 gr
Mittel der Dunstsättigung: (Nachmittags 2 Uhr.)	63	46	47	39 % d. relat. Feuchtigkeit.
Mittel der Temperatur:	16	18	19	20° C.

Da diese Versuche im Februar begonnen wurden, die beschränkten Räumlichkeiten jedoch das Aufstellen einer größeren Zahl von Blumentöpfen nicht gestatteten, ich aber doch eine größere Anzahl von Pflanzen in den Versuch einstellen wollte, so wurden die Samen in kleine, circa 400 kbcm fassende (mit Erde beschickte) Glasgefäße gesäet. Es wurden 160 Stück gleich große und nahezu gleich schwere Samen von 6,0 bis 6,5 mm Durchmesser und 0,170 bis 0,179 gr Gewicht gequellt, davon blieben 16 Stück zurück, 13 Stück quellten zu rasch, die übrigen wurden dann in feuchten Sand gebracht und oberflächlich bedeckt; es keimten nach zwei Tagen 6 Stück, bis zum dritten noch weitere 11, die Hauptmenge jedoch am dritten und vierten Tag. Nur diese letzteren 114 Stück wurden alsdann 2 cm tief in die in den Glasgefäßen befindliche Erde eingebracht. (Die Erbsen dieser Sorte variiren überhaupt zwischen 0,130 und 0,200 gr und den Durchmessern von 5,5 bis 7,5 mm.) Der Wassergehalt der Erden muß je nach der Natur derselben ein verschiedener sein, und es erwies sich in vorliegendem speciellen Fall nothwendig, in den ersten zehn Tagen nur des öfteren einige Gramm Wasser auf die Ober-

Digitized by Google

fläche der Erde zu gießen, später aber wurde von drei zu drei Tagen durch Wägen der jeweilige Wassergehalt bestimmt, und wenn derselbe unter den Anfangsgehalt gesunken war, bei der Lauberde auf 36 %, bei den anderen aber auf 20 % gebracht. Diese Zahlen stützen sich zunächst darauf, daß bei Parallelversuchen einige ziemlich entwickelte Erbsenpflanzen ohne Erneuerung des Wassers vertrockneten, wenn der Gehalt der Töpfe auf 18 % gesunken war, sowie auch darauf, dass, wie der Augenschein und das Gefühl beim Drücken der Erde zwischen den Fingern lehrte, der Boden mit der angegebenen Feuchtigkeit, im Vergleich mit dem sonst bei der Topfkultur benutzten, sich dann als genügend feucht erwies, und endlich noch darauf, daß es kaum möglich sein dürfte, das Optimum des Bodenwassers genauer festzustellen, da äußere Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Größe der Pflanzen und bei Thontöpfen außerdem noch die Transpiration dieser, sowie die Durchlässigkeit der Erde darauf influiren.

Wie die Zahlen ergeben, beträgt das Gewicht der absolut trocknen Pflanzensubstanz der oberirdischen Organe der in den Häusern mit der höheren Dunstsättigung (63 und 47 % der relativen Feuchtigkeit) gewachsenen Pflänzchen bedeutend, nahezu 14 %, mehr, als das der betreffenden Organe der in den trockneren Vegetationsräumen (mit 46 und 39 % der relativen Feuchtigkeit) erzogenen jungen Erbsenpflanzen.

V. Obiges Ergebniß, daß im ersten Wachsthumsstadium Lauberde und später Frühbeeterde sich am besten eigne zur Erziehung der Erbsenpflanze — nur aus Versuchen in Glasgefäßen abgeleitet — bedurfte noch eines vergleichenden Versuchs in gewöhnlichen Thontöpfen (11,5 cm hoch, 12 cm Weite im oberen Rand). Ein solcher wurde trotz der vorgerückten Jahreszeit noch ausgeführt. Zu gleicher Zeit wurde auch eine Composterde sowie die Wirkung einer starken Kalk- (Karbonat-) und Aetzkalkzuführung mit in Untersuchung gezogen.

Die beweisenderen, jedenfalls unter sich vergleichbaren Zahlen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Es wurden am 10. August von jeder Erde resp. Erdmischung vier Töpfe gefüllt und mit je 2 Samen beschickt, sie erhielten nur destillirtes Wasser und waren vor Regen geschützt. In Betreff der Hülsen ist schwer ein einheitliches Material zu beschaffen; sie wurden zu verschie-

Digitized by Google

denen Zeitpunkten abgeschnitten, wenn sie dem Anschein nach die höchste Entwickelung erreicht hatten. Die mit Aetzkalk gedüngten Erbsen wuchsen sehr schlecht, kamen nicht zur Blüthe und wurden ausgeschaltet. Die Dosis war offenbar zu hoch bemessen gewesen. Von Notizen vor der letzten Ernte gestatte ich mir anzuführen, daß die in Lauberde, die in Lauberde- und Frühbeeterdemischung (1 : 2), sowie die in dieser Mischung + 5 % kohlensaurem Kalk wachsenden am 20. August die beste Entwicklung zeigten, bis zum 28. August waren auch die der Composterde, Heideerde, sowie die der Lauberde mit 5 % Kalk denselben nahezu gleich geworden. Am 3. September jedoch hatten die in Frühbeeterde, sowie die in Frühbeeterde + 5 % Kalk allen andern den Vorrang abgestritten und, wie die Zahlen nachfolgender Tabelle 4 ergeben, auch bis zur Ernte, am 20. September, behalten.

Tabelle 4.

Erdmischung	Trockengewicht einer Pflanze bei der Ernte (20. Sept.)	
	Hülsen (Früchte) gr	Stengel u. Blätter gr
Composterde	2,30	1,23
Frühbeeterde	**3,33**	**2,21**
Lauberde	1,52	1,80
Heideerde	1,41	0,70
Composterde + 5 % $CaCO_3$.	1,23	1,10
Frühbeeterde » » »	**2,50**	**2,80**
Lauberde » » »	2,21	2,30
Heideerde » » »	1,80	2,00
2 Frühbeeterde 1 Lauberde	2,35	2,65
» » » » + 5 % $CaCO_3$.	1,93	2,23
» » » » + 10 % $CaCO_3$.	2,11	1,82

Die Zahlen bestätigen die bei Anwendung von Glasgefäßen gefundenen Resultate.

Nachdem auf diese Weise die optimalen Verhältnisse angenähert ermittelt waren, konnte durch Anstellung des Hauptversuchs die Methode zur Auffindung und Constatirung eines normalen Wachsthums dieser Pflanze weiter entwickelt werden.

B. Versuch.

Gewicht der ausgewählten Samen: 0,230 bis 0,239 gr. Durchmesser: 5,9 mm bis 6,1mm.

Digitized by Google

Die Sorte variirte überhaupt zwischen 0,1572 bis 0,2435 g Schwere und 4,9 bis 6,3 mm Durchmesser. Erde: Frühbeeterde, gemäß Vorversuch 1 und 5.

Die Auswahl aus den gequellten, sowie dann aus den gekeimten Samen, sodann die Auswahl der jungen in den Versuch zu stellenden Pflanzen, die Wasserversorgung und Zuführung der Nährstoffe erfolgte wie im Vorversuch 1 angegeben und gemäß den Resultaten der andern Vorversuche.

Die Pflanzen wurden in Töpfen[1]) cultivirt, welche im Freien standen, jedoch bei Regen in das Glashaus gefahren werden konnten. Die fahrbaren flachen Kästen dieses Vegetationshauses sind 80 cm breit, 179 cm lang und haben 30 cm hohe Seitenwände, an welchen ein Wall von Sand aufgeschichtet wurde, auch der Boden enthielt eine etwa 2 cm hohe Sandlage. Es war sehr oft nothwendig, den Sand vollständig mit Wasser zu tränken, um die Dunstsättigung oberhalb ihres Minimalverhältnisses zu erhalten, wobei der Umstand sehr unterstützend wirkte, daß in der Nähe stehende Häuser, auch Bäume und Gebüsch den Luftzug mässigten; dennoch habe ich einigemal noch mittels kleiner Seitenwände — aus Glasfenstern — Windschutz gewähren müssen. Es war zwischen die Pflanzen ein Thermometrograph und ein Psychrometer gestellt worden, welche häufig beobachtet, jedoch das Psychrometer nur dreimal und der Thermometrograph nur einmal des Tags notirt wurden. Auch sind in

[1]) Um einem nicht unberechtigt erscheinenden Vorwurfe im Betreff des Bodenvolums zu begegnen, möchte ich darauf hinweisen, daß in Betreff der erhaltenen Nährstoffe kein Zweifel sein kann, daß dieselben vollständig ausgereicht haben; sodann kann ja eine Wurzel im freien Lande auch nicht überall hin wachsen, wohin und wie es ihr beliebt, und wird auch daselbst jedes irgend beliebige sonst indifferente Wachsthumsmedium — Thon, Sand, Wasser u. a. — der Pflanze doch auch den Stempel seiner Einwirkung aufdrücken. Im ungünstigsten Falle würde ein aus dem nicht ausreichenden Volumen der Töpfe sich herschreibender nachtheiliger Einfluß erst spät und dann auch nur nach und nach auftreten, so daß derselbe sich als wenig bemerkbar und somit auch als nur geringfügig auswiese. Endlich dürfte auch der Umstand, daß ja die Wurzelgewichte in der zweiten Hälfte der Versuchsdauer abnehmen, sich zu Gunsten meiner Auffassung, daß das Volumen der Töpfe ausreichend gewesen ist, deuten lassen. Diese Abnahme findet im Freien auch statt, sie ist eine normale, und sie würde im Topfe wohl nicht statthaben, wenn das Volumen desselben zu ihrer Entfaltung nicht hinreichend gewesen wäre, sondern es würde ja nun für event. neue Verzweigungen wieder Raum gewonnen worden sein.

Digitized by Google

der Tabelle 5 und auf der Tafel II die Maximaltemperaturen, sowie von den Psychrometerangaben die Nachmittags 2 Uhr-Ablesungen aufgeführt, da beide den Charakter des Zustandes des Tages besser ausdrücken als Mittelzahlen, der Einfluß der Temperatur und der Dunstsättigung auf die Pflanzen um diese Zeit am größten ist, und auch die Schwankungen von Tag zu Tag schärfer hervortreten, als bei Berechnung der Tagesmittel. Die Erde der Töpfe wurde täglich revidirt und gemäß den im Vorversuch 1 angegebenen Zahlenresultaten, wenn nöthig, begossen, zunächst mit destillirtem Wasser, vom Beginn der Blüthe an jedoch mit 3 ‰ Nährstofflösung, welche gleiche Gewichtstheile Calciumnitrat und Kaliumphosphat enthielt.

Alle drei Tage wurde die größte und die kleinste Pflanze abgeschnitten. Trotz des angewendeten Auswahlverfahrens sind nämlich geringe Unterschiede in der Größe der Pflanzen doch immer noch vorhanden. Die oberirdischen Pflanzentheile sowie die Wurzeln wurden frisch, alsdann nach dem Trocknen bei 100° C. gewogen und der Durchschnitt pro Exemplar berechnet. Ueber den Zuwachs der Wurzeln sei hier jedoch bemerkt, daß sich genaue Zahlen schwierig ermitteln lassen, weil die Wurzelfasern sich nicht leicht von den anhängenden Erdpartikelchen trennen lassen, letztere auch organische Stoffe einschließen. Die auf der Tabelle angegebenen Zahlen sind auf die Weise erhalten worden, daß die Wurzeln nach möglichster Reinigung bei 100° C. getrocknet, sodann (nach Wägung) verbrannt und von dem Trockengewicht die durch Erhitzen mit Oxalsäure auf constantes Gewicht gebrachte Asche davon abgerechnet worden ist. Sämmtliche Gewichte, sowie die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitszahlen in Mitteln der jeweiligen Periode sind auf der Tabelle 5 zusammengestellt. Die Tafel II enthält neben den Witterungszahlen nur die Trockengewichte der oberirdischen Pflanzen, die der Hülsen (Früchte) besonders aufgeführt, von drei zu drei Tagen eingetragen und durch eine Curve, welche also nun die Wachsthumscurve repräsentirt, verbunden. Da die Ernten stets am frühen Morgen vorgenommen wurden, so sind sie auf der Tafel zur besseren Vergleichung mit den Witterungselementen um einen Tag zurückdatirt eingetragen.

Wie man erkennt und wie auch schon angegeben, war es, abgesehen vom Gießwasser, welches allerdings auch dem Boden verhältnißmäßig häufig zugeführt wurde, wesentlich die Luftfeuchtigkeit, welche zu er-

Digitized by Google

höhen ich bemüht sein mußte, und halte ich also den erreichten Procentgehalt, welcher erst um 60 %, dann um 70 % schwankte, zuletzt aber wieder auf 60 % fiel, deswegen für wohl nahezu richtig getroffen, weil die Schwankungen (selbst die einmal 80 % erreichenden) weder im Fallen noch im Steigen die Wachsthumscurve, also die Assimilation beeinflußt haben. Daß die freie Luft, besonders des hiesigen ostdeutschen (jedoch, wenn auch in geringerem Grade, wohl auch die des westlicheren) Klimas für viele Pflanzen zu arm an Wasserdampf ist, um eine normale Assimilation zu gestatten, war mir aus meinen früheren Transpirationsversuchen (veröffentlicht in der Wiener Obst- und Gartenzeitung 1877, Heft 3, 4 und 5, in meinem oben angeführten Werkchen p. 5 ff. und in der Botanischen Zeitung 1883 No. 22) bekannt. Außerdem hat der Vorversuch No. 3 gelehrt, daß ein Luftfeuchtigkeitsgehalt von rund 70 % im Stande war, bei einer Temperatur von 25° C. die Assimilation junger Erbsenpflanzen innerhalb dreier Tage um 70 % zu erhöhen. Diejenigen der citirten Versuche, welche in freier Luft so, wie sie hier beschaffen war, angestellt wurden, zeigten fast stets, daß das Wachsthum gleichsinnig mit der Dunstsättigung sich bewegte. Mindestens war entweder die Zunahme an Frischgewicht, an Stengellänge oder in der Größe der Blätter bei denjenigen Vergleichspflanzen, welche weniger Wasser transpirirten, größer, als bei den anderen. Die geringere Transpiration konnte aber in den meisten Fällen nur in der größeren Luftfeuchtigkeit ihren Grund gehabt haben.

Für welche Pflanzen speciell in unserm Klima die Dunstsättigung mehr und für welche sie weniger im Minimum steht, bedarf noch näherer Untersuchung. Es werden zunächst die großblätterigen Pflanzen oder solche mit größerem Blattapparat, wie z. B. die meisten Futterpflanzen, hierbei in erster Linie stehen, dann erst in zweiter Reihe etwa solche, wie unsere Cerealien oder andere, welche mehr continentalem Klima entstammen, wie Mais, Bohne, der Wein u. a., folgen.

Daß das Bodenwasser beim landwirthschaftlichen Anbau auch oft im Minimum vorhanden ist, ist bekannt; die Unzulänglichkeit unserer Sommerregen, den Boden zu durchdringen, bewirkt, daß die hierbei in Betracht kommende Vegetation in hohem Maße auf die Winterfeuchtigkeit angewiesen ist. Es ist gefunden worden, daß in warmen Tagen einige Stunden nach Regen nur 20, 10 oder noch weniger Procente desselben

Digitized by Google

sich dem Boden einverleibt hatten. Die Sommerregen nützen also mehr nur indirekt durch Erhöhung der Luftfeuchtigkeit, welche also die Transpiration herabsetzt und so der Pflanze die zu ihrem gedeihlichen Wachsthum nöthige Feuchtigkeit erhalten hilft.

Tabelle 5.

Trockensubstanzgewicht, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmittel der dreitägigen Perioden.

Datum der Ernten	Temperaturmittel		N. 2 Uhr Dunstsättigungsmittel	Trockensubstanzgewicht einer Pflanze		
	Maxima ° C	Minima ° C	%	Oberird. Org. gr	Hülsen gr	Wurzeln (aschenfrei) gr
23. Mai	25,3	7,0	46	0,1081		0,0846
26. »	16,2	1,0	56	0,1957		0,1390
30. »	19,0	2,0[1])	52	0,2260		0,2125
2. Juni	24,3	2,3	58	0,3535		0,1747
5. »	23,6	7,0	73	0,4557		0,3609
8. »	23,0	5,3	60	0,5361		0,3410
11. »	23,3	8,0	75	0,6517		0,2995
14. »	26,3	9,6	73	0,8922		0,4042
17. »	19,3	6,3	66	1,0232		0,6298
20. »	19,3	2,0	52	1,1245		1,2569
23. »	22,3	7,3	79	1,2467	0,0182	0,7792
26. »	23,0	8,6	56	1,3805	0,0355	0,9096
29. »	21,3	6,3	55	1,8185	0,4882	0,4167
2. Juli	23,0	10,0	89	1,8797	0,6667	0,4688
4. »	27,3	6,6	85	2,3080	1,1430	0,6393
7. »	28,0	10,0	75	2,7170	1,4110	0,5970
10. »	27,3	10,3	80	3,0393	1,5690	0,5390
13. »	31,6	11,2	64	3,2918	1,9620	0,4700
16. »	29,7	11,0	60	3,6158	2,3320	0,5193
19. »	30,0	10,5	62	3,7153	2,3330	0,4285

Aus diesem Versuche ergiebt sich also:

Die durch Eintragung der Trockensubstanzgewichte auf ein Coordinatensystem gebildete Curve (Wachsthumscurve insofern, als sie den wasserfreien Zuwachs einer Pflanze bezeichnet) der Versuchspflanze hat — falls sie durch die hier vernachlässigten Anfangs- und letzten Endstadien vervollständigt wird — im ganzen die Sförmige Gestalt der Curven anderer Pflanzen auch. Diese Gestalt ist ja, wie bekannt, bedingt durch die Abnahme des Trockengewichts des keimenden Samens, event. der jungen Pflanze im ersten Stadium ihres Wachsthums und durch die rasche Steigerung des Zuwachses zur Zeit der «großen Periode» Sachs'.

[1]) $3° + \frac{2° + 5° + 2°}{4} = 2{,}0.$

Digitized by Google

Die vorliegende Kurve zeigt aber zwei Abbiegungen, bei *a* und bei *b*, welche, da sie nicht mit irgend welchen Biegungen der Curven der Wachsthumsfaktoren parallel gehen, als der Pflanze eigenthümliche, als normale Abbiegungen dürften angesehen werden müssen. Die erste, *a*, zur Zeit des Beginnes der Blüthe eintretende ist eine Depression. Dieselbe würde also eine mit der Entfaltung der Blüthenorgane parallel gehende Abschwächung der Gesammtassimilation anzeigen, denn von einer erhöhten Verathmung in den Blüthen allein dürfte dieselbe kaum herrühren (ich glaube den Rückgang der Assimilation als das Ursächliche der Blüthenbildung gegenüber ansehen zu müssen). Die zweite Abbiegung, bei *b*, zeigt eine energische Zunahme des Wachsthums, diese Steigerung dürfte nicht allein von der vermehrten Assimilation, bewirkt durch die um die Größe der Fruchtblätter vermehrte assimilirende Oberfläche, herrühren.

Wie schon angegeben, zeigen sich jedoch im vorliegenden Versuche auch zwei Depressionen, bei *c* und *d*, welche als abnorme zu bezeichnen sind, da sie nachweislich von Witterungserscheinungen herrühren, und würde der nächstjährige Versuch hierüber volle Gewißheit bringen. Die erste derselben tritt in der Zeit vom 26. bis 30. Mai auf und rührt von den in diesen Tagen hier eingetretenen (und deshalb nicht vorhergesehenen) Temperaturrückschlägen her.

Die zweite dieser abnormen Depressionen findet in der Periode vom 29. Juni bis zum 22. Juli statt, und weiß ich mir dieselbe nicht anders zu erklären als dadurch, daß alle drei Tage Regentage, also trübe Tage waren; sie würden sich somit auf Lichtmangel zurückführen lassen.

Endlich ist noch die kurze Vegetationsdauer, welche vom Tage der Aussaat an nur 70 Tage umspannte, bemerkenswerth. Dieselbe ist erklärlich, wenn man bedenkt, daß für die Versuchspflanzen tagtäglich die Bedingungen ihres Gedeihens so vollkommen als möglich hergestellt wurden, während die im Freien gebauten Pflanzen relativ selten vollkommen günstige Tage erleben. Die Dunstsättigung im Freien z. B. ist meistens 5 bis 10 und mehr % niedriger als im Versuch.

C. Klimatische Verhältnisse von Breslau und Halle.

Durch die lange Dauer, während welcher die Dunstsättigung in unserem Klima in der Vegetationszeit für wichtige Kulturpflanzen im Minimum steht, wird dieser Faktor einer der wichtigsten, und erst in zweiter

Digitized by Google

Linie folgen ihm die Temperatur und der Regen, sodann die anderen Wachsthumsfaktoren. Die Zusammenstellung des Verlaufs der genannten drei atmosphärischen (meist um das Minimum concurrirenden) Faktoren während einer Vegetationsperiode muß sonach zugleich auch ein Bild des Pflanzenwachsthums dieser Periode ergeben, so wie die mittleren Durchschnittsverhältnisse derselben (aus vielen Jahren) ein Bild der mittleren Vegetationsentfaltung derjenigen Gegend darbieten, aus welcher sie entnommen sind. Aus diesem Grunde schien es mir erwünscht, von einigen Orten Deutschlands zunächst die Durchschnittsverhältnisse der genannten Witterungselemente kennen zu lernen.

Es genügen jedoch hierzu keineswegs die in den meteorologischen Berichten angegebenen Monatsmittel; selbst zehntägige oder wöchentliche Durchschnittsangaben erstrecken sich über zu lange Zeiträume, wenn sie zu Erscheinungen der Pflanzenentwicklung in Beziehung gesetzt werden sollen. Besser eignen sich hierzu die fünftägigen Mittel.

Aus diesem Grunde hat Verfasser zunächst für zwei Orte, Breslau und Halle, die Dunstsättigungsmittel in Pentaden für die Monate März bis Oktober (incl.) aus dreißig Jahren berechnet und mit den anderen aus gleich langem oder längerem Zeitraum ermittelten Durchschnittszahlen zusammengestellt. Tafel III und IV, Tabelle 6.

Es ist dabei von der Voraussetzung ausgegangen, daß, wenn auch absolute Höhe und geringfügige Schwankungen am Orte der meteorologischen Station selbst, innerhalb der beiden genannten Städte, sich etwas verschieden von den in der Umgebung im Freien auftretenden Verhältnissen erweisen, doch der Gang der Veränderungen im Gesammten in gewisser Uebereinstimmung erfolgt. Von der Dunstsättigung wählte ich nicht die Tagesmittel, sondern zog die aus den Nachmittags 2 Uhr-Ablesungen entnommenen Zahlen zur Berechnung, weil, wie oben schon angegeben, die vorhandene Dunstsättigung um diese Zeit den einschneidendsten Einfluß auf die Pflanze ausübt, und weil auch die Schwankungen von Tag zu Tag dabei besser hervortreten als bei der Wahl der Tagesmittelzahlen.

Die Temperaturmittel waren von den betreffenden meteorologischen Stationen schon aus längeren Zeiträumen berechnet worden und bekannt gegeben. Die Regenhöhen (in Summen von 5 zu 5 Tagen) der Monate Juni, Juli und August hatte Herr Direktor Dr. Hellmann für Breslau aus den Jahren 1848 bis 1882 schon berechnet und mir die Zahlen

Digitized by Google

freundlichst mitgetheilt. Für Halle jedoch habe ich (in gleicher Weise) für die Monate April bis September (incl.) aus den dreißig Jahren von 1851 bis 1881 die Mittel der Regenhöhen gezogen.

Tabelle 6.

	Halle.			Breslau.		
Datum	Temperatur ° C.	Dunstsättigung %	Regenhöhe mm	Temperatur ° C.	Dunstsättigung %	Regenhöhe mm
1.—6. März	2,4	70,7		0,6	71,3	
11. »	3,4	69,0		1,1	72,2	
16. »	2,6	66,9		1,2	71,4	
21. »	3,0	67,0		1,9	66,3	
26. »	3,6	66,1		2,6	66,3	
31. »	5,5	62,6		3,9	62,8	
5. April	7,3	57,8	4,7	5,2	60,1	
10. »	7,8	57,0	6,3	6,6	56,5	
15. »	7,8	55,3	4,0	7,2	53,6	
20. »	8,7	53,6	5,5	7,9	51,8	
25. »	9,5	51,0	5,3	9,0	50,3	
30. »	9,2	53,2	6,4	10,0	53,5	
5. Mai	9,9	54,2	4,9	10,8	52,1	
10. »	11,3	48,6	4,9	12,6	50,1	
15. »	12,6	51,3	6,9	12,4	50,9	
20. »	13,6	48,6	4,3	13,3	50,6	
25. »	14,5	51,6	10,7	14,4	48,4	
30. »	15,6	53,4	11,0	14,6	48,9	
4. Juni	16,6	52,3	11,0	15,6	50,4	7,1
9. »	17,4	51,7	9,3	16,5	49,3	7,6
14. »	16,9	52,3	12,0	16,7	49,7	7,6
19. »	16,9	52,9	12,5	16,1	54,3	10,2
24. »	18,0	52,6	10,8	16,6	53,1	7,4
29. »	17,3	54,5	9,8	17,0	48,7	9,0
4. Juli	17,6	56,3	11,2	17,3	52,3	10,5
9. »	18,2	53,5	10,6	18,1	50,1	8,0
14. »	18,7	53,1	8,6	18,0	54,3	10,7
19. »	19,5	50,8	8,0	18,2	51,6	7,2
24. »	19,6	50,0	8,7	18,5	48,5	8,7
29. »	19,1	49,9	7,3	18,3	49,7	7,0
3. August	18,6	53,9	7,1	18,6	51,5	9,8
8. »	18,6	51,7	8,2	18,3	49,6	10,9
13. »	18,5	53,8	8,1	18,1	52,3	9,6
18. »	18,4	52,6	11,3	17,9	53,5	8,6
23. »	17,7	57,0	8,6	17,3	54,8	6,9
28. »	17,2	51,3	5,5	16,8	52,7	8,0

Digitized by Google

Datum	Halle. Temperatur ° C.	Halle. Dunstsättigung %	Halle. Regenhöhe mm	Breslau. Temperatur ° C.	Breslau. Dunstsättigung %	Breslau. Regenhöhe mm
2. September	16,3	54,8	5,5	16,4	53,0	
7. »	16,3	55,3	5,8	15,5	58,1	
12. »	15,2	55,2	6,0	15,0	53,7	
17. »	14,1	55,6	5,4	13,8	58,7	
22. »	13,5	58,5	4,8	12,9	59,4	
27. »	12,7	57,8	4,1	12,5	57,8	
2. Oktober	13,0	60,3		12,1	60,9	
7. »	11,3	63,4		10,9	61,8	
12. »	10,3	67,2		9,8	64,2	
17. »	9,5	57,7		8,8	67,8	
22. »	8,5	67,1		8,3	66,5	
27. »	7,6	68,4		7,4	68,2	
1. November	6,4	72,4		5,8	71,5	

Man erkennt, daß Breslau sich einer nicht ganz so hohen Sommertemperatur erfreut als Halle, und daß hier (in Halle) sogar die (meist nachtheiligen) Temperaturrückschläge um den 12. Mai (innerhalb der der Berechnung unterzogenen Zeitdauer) sich ausgleichen.

In Bezug auf die Regenverhältnisse ist zu ersehen, daß die Höhe des Regens (wenigstens im Juni) zu Halle eine größere als zu Breslau ist.

Die Dunstsättigung von Breslau ist in den angegebenen Monaten im Vergleich zu Halle eine niedrigere, und ermangelt sie speciell einer Elevation, welche kurz vor dem Anfang Juni gegen den 25. Mai beginnt und sich mit Ausnahme nur einiger Tage bis zur Mitte Juli erstreckt, welcher Umstand für alle diejenigen im Freien gebauten Pflanzen, die in dieser Zeit einer Förderung des Blattwachsthums bedürfen, von Bedeutung ist. Da dies nun wohl die meisten Futterpflanzen, auch andre landwirthschaftliche Kulturpflanzen betrifft, so stehe ich nicht an, auf Grund dieses das Klima Halles geradezu als das fruchtbarere zu bezeichnen.

III.

Ergebnisse und Folgerungen.

1. In einigen Vorversuchen wurde gefunden, daß die Erbsenpflanzen durch eine frühzeitige Düngung (durch Düngung des Bodens vor oder kurz nach der Aussaat) benachtheiligt, dagegen durch einige spätere, etwa zur Zeit der Blüthe stattfindende, gleich große Nährstoffzuführung geför-

Digitized by Google

dert wurden. Es steht nun allerdings noch dahin, ob der durch die Frühdüngung hervorgerufene Nachtheil sich nicht später wieder behoben haben würde. Verfasser kann dies vorläufig nicht annehmen, sondern ist vielmehr der Meinung, daß — weil die angewendeten Erden, Frühbeeterde, Lauberde und Mischung derselben mit Sand doch nährstoffreicher sind als gewöhnliche Ackererden, ja sogar als viele Gartenerden — es in vielen Fällen auch im freien Lande angezeigt sein dürfte, dann, wenn selbst eine frühe Düngung erfahrungsmäßig nicht von Erfolg sein dürfte, auf eine nachhelfende Nährstoffzuführung später, wenn die Pflanzen etwas entwickelter sind — bei einjährigen etwa um die Blüthezeit — Bedacht zu nehmen, da wahrscheinlich unbemerkt das gleiche Verhältniß des Nahrungsmangels daselbst eintritt.

Bei dem Verhalten der jungen Erbsenpflanzen speciell influirt jedoch wahrscheinlich auch noch der Umstand, daß der ausgesäete Same eine große Menge von Stoffen enthält, welche für den ersten Aufbau der jungen Pflanze einige Zeit hin ausreicht. Leguminosen überhaupt, aber wohl ferner beispielsweise auch Kartoffeln, Zwiebeln und andere Pflanzen, von welchen so stoffreiche Organe, wie Knollen und Zwiebeln sind, zur Aussaat dienen, werden sich in gleicher Weise verhalten. Bei Erbsen, Zwiebeln, wie Kartoffeln, ist es eine Erfahrung der Praxis, daß sie «frische» Düngung nicht gut vertragen, ob sie später gedüngt sich dankbar erweisen, hat die Praxis noch zu untersuchen.

Jedenfalls erhebt die Pflanze ganz allgemein gegen den Sommer hin höhere Ansprüche und verlangt, wie bekannt, alsdann auch concentrirtere Lösungen.

Es würde wünschenswerth sein, eine solche Nährstoffzuführung nach Art der Kopfdüngung (nur aber später) und unter Bevorzugung sofort löslicher, am besten gelöster Düngemittel, ausführen zu können. Denn auch beim Anbau im Freien werden die allenfalls vorhandenen unlöslichen Nährstoffe doch im Verlaufe des Vegetationshalbjahrs nur langsam, und zwar in absteigendem Verhältniß nach dem Sommer hin, gelöst werden. Sodann ist ja auch, wenn schon das Bodenwasser nach dem Sommer zu concentrirter wird, doch der Boden dann im Ganzen ärmer an gelösten, also den Wurzeln zugänglichen Nährstoffen, da in Folge der Wasserverdunstung und des damit verknüpften Kohlensäureverlustes gewisse Stoffe oder gewisse Mengen derselben wieder abgeschieden worden sind. Freilich

Digitized by Google

wird aus diesem letzteren Grunde schon eine reichliche Wasserzuführung um die angegebene Zeit von großem Nutzen sein. Diese zu ermöglichen, ist ein Ziel, welchem die Landwirthschaft auch aus anderen Gründen meiner Ansicht nach nachzustreben haben wird.

2. Ist es nicht möglich, eine normale Pflanze, d. h. eine solche Pflanze, welche unter präciser Erfüllung aller Wachsthumsbedingungen — ohne Ueberschuß und ohne Mangel und Zeitverlust — erwächst, vollständig im Freien — auf dem Ackerfeld — aufwachsen zu lassen, so ist es doch unter Anwendung der oben angegebenen Methode, Einrichtungen und der p. 10 und 11 angegebenen Kriterien wohl jederorts unter Schutz möglich, eine solche Normalpflanze zu erziehen.

Nur bei diesem Verfahren ist man sicher, die Wachsthumsfaktoren in richtigem Maße oder höchstens in geringem, unschädlichen Uebermaße oder eben so geringem unschädlichem Mangel dargeboten zu haben, und nur dann hat die Pflanze Gelegenheit, gemäß ihren inneren Kräften und Stoffen (welche sich nunmehr ihrerseits im Minimum befinden) sich vollständig nach allen Richtungen hin, sozusagen unabhängig von äußeren Einflüssen auszugestalten. (In Wirklichkeit kann ja eine Pflanze in ihrem Wachsthum sich nicht von der Einwirkung der äußeren Faktoren unabhängig machen, und nur selten wird sie in unseren Gegenden im Freien in ihrem Wachsthum aus der Abhängigkeit vom Minimumgesetz heraustreten; denn daß alle Faktoren, äußere und innere, in vollkommen harmonischem Verhältniß zu einander ständen, auch die periodisch auftretenden stets zur richtigen Zeit sich einstellen, dürfte wohl selbst in den günstigst situirten Ländern selten gefunden werden.)

Das normale Wachsthum der Erbsenpflanze der Varietät Buxbaum charakterisirt sich durch eine Wachsthumscurve von im Ganzen S förmiger Gestalt, jedoch zeigt dieselbe zwei Abbiegungen, eine Depression zur Blüthezeit und eine Erhöhung des Wachsthums zur Zeit des Fruchtansatzes.

3. Die oft eintretenden Tage oder mehrtägigen kürzeren Zeiträume, in welchen die äußeren Faktoren im Freien in ungünstigem Verhältniß stehen, bedingen zunächst Zeitversäumniß, sodann jedoch zumeist auch eine Verringerung des Ernteresultates, da die günstige Jahreszeit oft nicht von genügender Dauer ist. Das Mittel der Produktionsfähigkeit einer Gegend würde dem Mittel der Witterung (und der Bodenverhältnisse) entsprechen und würde sich auffinden lassen entweder durch vieljährigen

Digitized by Google

Anbau derselben Pflanze im Freien oder dadurch, daß man die Pflanze unter Gewährung der ermittelten äußeren Verhältnisse nach oben angegebener Methode kultivirt.

4. Daß auch für viele andre unsrer Kulturpflanzen, ebenso wie für Erbsen, die Dunstsättigung in erster Linie und erst in zweiter das Bodenwasser es sind, welche häufig minimal auftreten, scheint mir unzweifelhaft. Außerdem treten noch oft besondere Fälle ein, welche zuweilen sogar gegen das Gesetz von der Unvertretbarkeit der Faktoren zu sprechen scheinen, aber in der Natur der Dinge begründet sind, und ebenfalls bei Bemessung eines Faktors die Kenntniß der Höhe der anderen unumgänglich erfordern. So z. B. der Umstand, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen die Pflanze, wenn die atmosphärische Dunstsättigung knapp bemessen ist, größere Ansprüche an das Bodenwasser erhebt, als bei reichlichem Gehalt der Luft an Feuchtigkeit; oder daß im gleichen Fall eine concentrirtere Nährstofflösung die Transpiration herabmindert.

5. Wenn die normale Wachsthumscurve einer Pflanze aufgefunden ist, so ist in derselben nicht nur ein Maßstab aufgefunden, welcher zu Vergleichungen verschiedener Art geeignet ist, sondern es ist alsdann auch leichter der Punkt aufzufinden, in welchem menschliche Eingriffe das Wachsthum der kultivirten Pflanzen zu gunsten einer Mehrproduktion zu wenden vermögen. Der erste Schritt ist schon damit gethan, daß wir nun erst die Wirkung eines Eingriffes richtig zu erkennen vermögen. Es können z. B. von einer und derselben Pflanze zwei sonst gleiche Exemplare, in Luft mit einem und demselben Feuchtigkeitsgehalt gebracht, sich beide sehr verschieden verhalten, das eine derselben kann seine Assimilation steigern, das andere herabmindern, und man kann nun nicht wissen, wie der bestimmte Feuchtigkeitsgrad auf diese Pflanzenspecies wirkt. Waren die Pflanzen jedoch bis dahin unter normalen Bedingungen erwachsen, so hat der gleiche Procentsatz an Luftfeuchtigkeit bei beiden Exemplaren auch die gleiche Einwirkung.

6. In Bezug auf die Abhängigkeit, in welcher Regen und Dunstsättigung von einander stehen, ist aus der Zusammenstellung der Witterungsmittel von Breslau und Halle zu ersehen, daß die Dunstsättigung nur im Großen und Ganzen dem Regen folgt, häufig jedoch die Curven beider Elemente sich in entgegengesetzter Richtung bewegen.

7. Ein Schluß auf die Fruchtbarkeit des Wetters eines Jahres oder

Digitized by Google

einer Gegend ist aus diesen Gründen und unter Berücksichtigung des oben Angeführten weit sicherer aus der Kenntniß der Dunstsättigung und des Bodenwassers, als aus der des Sommerregens zu ziehen. Bekannt ist, daß auch die Bodenwasserveränderungen nicht auf den Gang der Dunstsättigung von großem Einfluß sind, und daß sogar öfters Pflanzen mit nicht turgescenten Blättern in nasser Erde gefunden werden können.

8. Menschliche Eingriffe können zunächst sich beschränken auf Herstellung der normalen Bedingungen, wie sie bei der Ermittlung der normalen Wachsthumscurve sich bekannt geben. Findet ein befriedigendes Gedeihen unsrer Kulturpflanzen ja jetzt schon ohnehin nur in Folge kultureller Eingriffe statt, so wird letzteres in der Zukunft in noch weit höherem Grade zu geschehen haben, in der Landwirthschaft sowohl wie im Gartenbau. Scheint auch die erstere der in der Gärtnerei eingeführten Manipulationen, z. B. des Uebers pritzens der Blätter, um die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen (und dadurch die Transpiration herabzumindern, wodurch also in vielen Fällen eine Steigerung der Assimilation bewirkt wird), sich noch nicht bedienen zu können wegen der Kostspieligkeit der Apparate, Pumpen, Spritzen, sondern läßt in dieser Beziehung die Produktion von den Sommerregen abhängen (d. h. von der Dunstsättigung, welche die Sommerregen erzeugen, welche jedoch oft von trockenen Winden sehr herabgemindert wird), so ist doch leicht einzusehen, daß eine intensivere Kultur, welcher sich unsre Landwirthschaft immer mehr zuwendet, neben der erhöhten Zufuhr der im Minimum stehenden Nährstoffe — Stickstoff, Kali und Phosphorsäure — zu allernächst auch derartiger Einrichtungen bedarf, welche die Erhöhung resp. dem Luftwechsel gegenüber die Erhaltung der atmosphärischen Feuchtigkeit bewirken. Knicks, wie sie in Schleswig-Holstein vielfach in Gebrauch sind, und das Berieseln der Felder dürften sich als zweckdienliche Mittel hierzu erweisen.

Im Gartenbau aber wird man sich mehr als bisher der controlirenden Instrumente, besonders der Psychrometer bedienen müssen. Die Vernachlässigung des richtigen Verhältnisses zwischen Luftfeuchtigkeit und den anderen Wachsthumsfaktoren hat, wie schon erwähnt, z. B. in der Treiberei öfters das Abfallen der Früchte, z. B. der Pfirsiche, vor der Reife oder bei der Ananas das «Sitzenbleiben» derselben verschuldet.

Wenn der Gärtner z. B. «lüftet», um bei Radies im Frühbeet das Stengel- und Blattwachsthum zurückzuhalten und die Wurzelanschwellung

Digitized by Google

zu befördern, so ist die Herabsetzung der Dunstsättigung und der Temperatur die erste Folge des Lüftens, welche jene Zweqke erreichen läßt; im speciellen Falle schreibe ich aber bloß der Herabsetzung der Dunstsättigung die Hauptwirksamkeit zu. Aehnlich wird die genannte Manipulation ganz allgemein in der Treiberei angewendet, wenn Pflanzen in die Blüthe treten, um hemmend auf das Blattwachsthum und fördernd auf die alsdann erfolgende Ausbildung der Früchte zu wirken. Es steht jedoch auch hier die Frage, ob nicht, wenn es dem Gärtner möglich wird, bloß die Dunstsättigung und nicht zugleich auch die Temperatur herabzumindern, die Endzwecke besser oder wenigstens in kürzerer Zeit sich erreichen lassen würden. Präcise Herstellung der normalen Bedingungen kürzt besonders die Vegetationszeit bedeutend ab und ist somit bei der Treiberei ein sehr wichtiges Moment.

9. Menschliche Eingriffe können aber nach Herstellung oder unter Berücksichtigung der normalen Bedingungen auch noch weiter gehen, und ist wiederum namentlich der Gartenbau das Gebiet, auf welchem schon vielfach derartige Eingriffe angewendet werden; dieselben leiten gewöhnlich den Entwicklungsgang einer Pflanze in ganz andre Bahnen, sie wurden aber bisher zumeist nur empirisch gefunden, und dürfte eine weitere Vermehrung derselben wohl nicht ausgeschlossen sein; denn die Pflanze zeigt in ihrem Verhalten dem ihr Gebotenen gegenüber, wie alles Organische, eine gewisse Biegsamkeit, Anpassung derart, daß sie 1) sich oft auch unter nicht vollkommen günstigen Verhältnissen entwickelt, ohne gerade ein dem Minus eines Faktors entsprechend verkleinertes Abbild der Normalen zu sein, 2) sich unter besonders übermäßiger Einwirkung eines (oder einiger) Faktoren in besonderer Weise ausbildet. In diesem Falle pflegen sich alsdann gewöhnlich je nach der Ursache gewisse Eigenthümlichkeiten in der Ausbildung einzelner Organe derselben zu zeigen, welche häufig Kulturzweck werden, und auch oft der Vererbung fähig sind, so daß sie zu Varietäten-, Formen- und Sortenentstehung Veranlassung geben.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

H. E. Hamberg. **Ueber den Einfluß der Wälder auf das Klima von Schweden.** (Om skogarnes inflytande på Sveriges klimat.) Stockholm. 1885. (Schwedisch und Französisch.)

In vorliegender Abhandlung theilt Verfasser die ersten Resultate der an dem schwedischen meteorologischen Centralinstitut angestellten Untersuchungen über die Frage des so wichtigen und oft behandelten Einflusses der Wälder auf das Klima mit. In dem Betracht, daß die Rolle der Wälder in der Natur, und besonders ihr Einfluß auf das Klima sehr verwickelt und wahrscheinlich von verschiedener Wichtigkeit ist, je nach der Gegend und der Breite, unterläßt es Verfasser, die Frage im Allgemeinen zu erörtern, und beschränkt sich darauf, an der Hand zahlreicher Beobachtungen für Schweden festzustellen, welchen Einfluß die Wälder auf das Klima des Landes auszuüben vermögen.

Die ersten Stationen waren in der Weise organisirt, daß eine derselben unter Bäumen einer sehr dicht bewaldeten Fläche, die andere in der Ebene an einer unbewaldeten Stelle, 10—20 Kilometer von der ersteren entfernt, etablirt wurde. Späterhin (1878) wurden die Stationen theils verlegt, theils in ihrer Zahl vermehrt und die Beobachtungen erweitert. Um den Einfluß des Waldes auf die nähere Umgebung zu bestimmen, wurde an mehreren Orten neben der Station im Walde eine solche in einer unbewaldeten Stelle[1]) in unmittelbarer Nähe des Waldes eingerichtet. Neben diesem Netz existirte noch ein anderes aus sechs meteorologischen Stationen, in der Provinz Upsala gelegen und auf Kosten der dortigen landwirthschaftlichen Gesellschaft eingerichtet. Der Zweck dieses Netzes war, den Einfluß der Wälder auf das lokale Klima speciell in Rücksicht auf die Landwirthschaft festzustellen. Drei Stationen waren in den großen Ebenen der Provinz, drei andere an freien Orten der benachbarten Waldregionen etablirt.

Nach näherer Beschreibung der verwendeten Instrumente und der geographischen und topographischen Verhältnisse der forstlich-meteorologischen Stationen, behandelt Verfasser in 12 Abschnitten den Einfluß der Wälder auf die Wärme von Luft und Boden. Zunächst wird die Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Lage des Ortes, in Bezug auf die Nähe größerer Wassermassen (Meer, Landseen) und die Beschaffenheit der Bodenoberfläche besprochen. Alsdann werden die Unterschiede im Maximum und Minimum der Temperatur, in den Mitteln der Temperatur zu verschiedenen Tageszeiten und in der Größe der täglichen Variation zwischen dem Walde, der nichtbewaldeten Nachbarschaft und der entfernter gelegenen Ebene näher dargelegt. Weiters werden die Einwirkungen des Waldes auf die Lufttemperatur bei verschiedener Bedeckung des Himmels und verschiedener Windrichtung, ferner die Differenzen in den Mitteln der Temperatur und in den jährlichen und täglichen Veränderungen derselben zwischen den drei vorbezeichneten Oertlichkeiten zu bestimmen versucht. Es folgt alsdann eine Statistik der Temperaturgrade von bewaldetem und nicht bewaldetem Terrain.

[1]) Im Original steht: clairière = Lichtung.

Digitized by Google

worauf Verfasser die Bodentemperatur und deren Verhältniß zur Lufttemperatur im Walde und im Freien behandelt. Es schließt sich hieran eine Untersuchung der Frage, ob die Wälder das Klima Schwedens zu einem maritimen zu gestalten vermögen.

Bei der Kürze des zur Verfügung gestellten Raumes muß es sich Referent versagen, auf den durch vorstehende kurze Uebersicht charakterisirten Inhalt und auf die beigegebenen, in den Text gedruckten zahlreichen Tabellen näher einzugehen. Dagegen mögen ihres Interesses wegen die am Ende der Arbeit zusammengestellten Schlußfolgerungen des Verfassers hier eine Stelle finden.

Die Resultate haben streng genommen nur Gültigkeit für die forstlichen Bezirke und großen Ebenen der Gouvernements Upsala, Westmanland und Skaraborg. Aber es liegt kein Grund vor, daß dieselben im Allgemeinen nicht auch auf andere Gegenden des Landes Anwendung finden könnten, welche sich nicht unter besonderen lokalen Einwirkungen befinden: letztere sind bedingt durch Seen und Flüsse, durch eine verschiedene Höhenlage, durch Unterbrechungen des Bodens, durch Beschattung von Bäumen, durch die Beschaffenheit des Bodens, Aufstellung der Thermometer u. s. w. Sind diese Einflüsse und noch andere sekundärer Art in Anschlag gebracht und eliminirt und die Verhältnisse daher im Uebrigen gleich, so kann man das Klima des Waldes und der Ebene in Schweden in folgender Weise charakterisiren. Es ist nöthig, anzuführen, daß Fichten- und Tannenwälder allein Gegenstand der Untersuchungen des Verfassers gewesen sind.

Das Mittel der Jahrestemperatur unter den Waldbäumen ist 0,15° geringer als dasjenige der Lichtungen, und ungefähr 0,25° geringer als dasjenige der Ebene. In den kultivirten Lichtungen ist also das Temperaturmittel ein wenig höher (0,15°) als unter den Bäumen, aber ein wenig niedriger (0,1°) als in der Ebene.

Die Größe dieser Temperaturdifferenz zwischen dem Walde und der Ebene ist in den Monaten und Jahreszeiten verschieden. Während der Monate April bis August ist die Temperatur unter den Bäumen 0,5° niedriger als diejenige benachbarter nicht bewaldeter Stellen (Lichtungen), dagegen ist sie vom November bis Januar 0,2° höher. In den Lichtungen ist die Temperatur im Mai bis Oktober niedriger und vom Januar bis März ungefähr 0,05° höher als in der Ebene. Die Verminderung der Temperatur unter den Waldbäumen im Vergleich zur Ebene beträgt also während der Monate April bis September zwischen 0,5 und 0,7°, während eine kleine Vermehrung von ungefähr 0,2° sich im November, December und Januar zeigt.

Diese Temperaturerniedrigung unter den Waldbäumen im Frühling und im Sommer erklärt sich aus der niedrigen Tagestemperatur oder Maximaltemperatur, welche sich im Mittel nicht weniger als um 2 bis 3° erniedrigt, während die Nachttemperatur in denselben Jahreszeiten fast ebenso niedrig wie in der Ebene ist. Es ist hier von der Temperatur 1,80 m über dem Boden die Rede. Die Hauptursache der niedrigen Temperatur unter den Bäumen während der heißen Jahreszeit ist wahrscheinlich in der mangelnden Insolation und der in Folge dessen niedrigen Temperatur des Bodens und der Baumstämme zu suchen; in der That ist die Bodentemperatur in einer Tiefe von 0,5 m unter den Waldbäumen im Juni und Juli nicht weniger als 3,5° niedriger als in der Ebene.

Digitized by Google

Auf der anderen Seite erklärt sich die schwache Erhöhung der mittleren Lufttemperatur aus dem, wenn auch schwachen Schutz, welchen der Wald gewährt. Das Temperaturminimum erhebt sich gewöhnlich vom Oktober zum März um 0,8 % im Mittel, während das Maximum sich nur um 0,4 ° im Dezember und Januar, aber schon um 0,8° im November und Februar erniedrigt. Der Gewinn ist also unbedeutend und macht sich nur in der Mitteltemperatur des December und Januar bemerklich.

Diese Temperaturerhöhung der Luft zwischen den Bäumen im Dezember und Januar ist wahrscheinlich auf Rechnung der seit dem Sommer im Boden und den Baumstämmen verbliebenen Wärme zu setzen.

Die Erniedrigung der Temperatur in den Lichtungen im Vergleich zur Ebene im Sommer und im Herbst erklärt sich nicht aus der Temperatur des Tages, sondern aus derjenigen des Abends und der Nacht; diese letztere ist vom April bis zum Oktober, 1,8 m über dem Boden, im Mittel 0,5 bis 0,7 ° niedriger als in der Ebene. Selbst über den mit Kräutern bedeckten Boden dieser Lichtungen ist das Minimum der Temperatur von Juni bis September nicht weniger als 1° unter demjenigen über der Ebene. Diese verhältnißmäßig beträchtliche Erniedrigung der Temperatur der Lichtungen während der Nacht ist wahrscheinlich durch eine stärkere Ausstrahlung aus dem Boden bedingt, welche in irgend einer Weise durch die Nachbarschaft erzeugt oder begünstigt wird.

Die Unterschiede, welche die Lichtungen und Ebenen hinsichtlich der Temperatur aufweisen, treten am stärksten bei klarem Himmel hervor, verwischen sich aber, sobald letzterer bedeckt ist, ein Beweis dafür, daß die Differenzen in der Lufterwärmung durch solche in der Ausstrahlung hervorgerufen werden. So war bei heiterem Wetter die Temperatur um 9 Uhr Abends im Sommer durchschnittlich um 1°, im Herbst 0,75° geringer in der Lichtung als in der Ebene. Dagegen sieht man keinen auffälligen Unterschied bei verschiedenen Winden.

Die Größe der täglichen Variation — die Differenz zwischen Maximum und Minimum, sei es, daß man darunter die periodische oder vielmehr die nicht periodische Variation versteht — ist unter den Waldbäumen viel geringer, als in der Ebene. So ist die periodische zwischen März und Oktober 1 bis 2°, die nicht periodische 2,2—3,5° kleiner im ersteren Fall als im letzteren, für das ganze Jahr ist sie resp. 1,3 und 2,6° kleiner. In den Lichtungen ist aber die tägliche Variation ein wenig größer als in der Ebene: die periodische um ungefähr 0,15°, die nicht periodische um 0,25° größer für das ganze Jahr und letztere um ungefähr 0,5° größer während der Monate April bis Oktober. Dies steht also in einer innigen Beziehung zu den, bezüglich der Temperaturextreme angeführten Resultaten.

Die Größe der jährlichen Variation — die Differenz zwischen der Mitteltemperatur des heißesten Monats und derjenigun des kältesten Monats — ist ein wenig mehr als 0,5° geringer unter den Waldbäumen im Vergleich zu der Lichtung, aber sie ist nur um 0,25° geringer in der Lichtung als in der Ebene.

Die mittlere Veränderlichkeit der Temperatur eines Tages zu derselben Stunde beläuft sich im Gouvernement Upsala auf 3° im Jahresmittel, in dem mehr meridionalen Gouvernement Skaraborg nur auf 2,5°. Sie erreicht im Winter und im Frühling ihr Maximum Morgens und Abends; im Sommer ist sie aber größer

Digitized by Google

zur Zeit der Tagesmitte. Sie ist stets unter den Bäumen geringer als in der Lichtung oder in der Ebene. Morgens und zur Zeit der Tagesmitte ist sie in der Lichtung und in der Ebene gleich, aber Abends ist sie an ersterem Ort ein wenig größer.

Die Bodentemperatur ist im Sommer unter den Bäumen sehr viel geringer, als in der Ebene; im Winter ist sie im Gegentheil in geringen Tiefen ein wenig höher. In allen Tiefen (0,5, 1 und 2 m) und besonders in den geringeren, ist sie im Sommer durchschnittlich in der Lichtung ein wenig niedriger als in der Ebene, im Winter dagegen ein wenig höher.

In den Lichtungen hat das Klima, d. h. speciell die Temperatur keinen maritimen Charakter, im Vergleich zu demjenigen der großen kultivirten Ebenen. Eine Uferlokalität im Sinne der großen Seen (Wenern- und Wettern-See) hat eine höhere durchschnittliche Jahrestemperatur, als eine Lokalität im Innern des Landes. Im Walde wird dieses Mittel geringer als in der Ebene. Eine Uferlokalität zeichnet sich durch ihre warmen August- und Herbstmonate aus: der Wald ist im Gegentheil in diesen Jahreszeiten kälter als die Ebene; die Uferlokalität hat meistens warme Abende, die Lichtung kalte. Eine Uferlokalität hat im Allgemeinen geringere tägliche Variationen der Temperatur als eine Lokalität im Innern, eine Lichtung hat im Gegentheil eine größere, als die Ebene.

Diese Resultate ermöglichen, die Frage zu lösen, welchen Einfluß die Wälder auf die Temperatur von Schweden auszuüben vermögen.

Die vorliegenden Untersuchungen gestatten nicht, zu entscheiden, ob die Gegenwart von Wald dazu beiträgt, die mittlere Temperatur zu erhöhen oder zu erniedrigen. In der That ist in den vorliegenden Untersuchungen weder die Insolation noch die Austrahlung der Nadeln und Gipfel der Bäume in Betracht gezogen worden. So lange man nicht die Wärmemenge kennt, welche dort frei wird und ihre Beziehung zu anderen Formen der Oberfläche, wird es nicht möglich sein, mit Sicherheit den Einfluß des Waldes auf einen so wichtigen Faktor, wie die mittlere Temperatur festzustellen. Hinsichtlich dieses Punktes sind wir daher auf ungefähre Schätzungen angewiesen. Unter den in Schweden vorkommenden verschiedenen Oberflächenformen sind sicherlich die wichtigsten: die Oberfläche der Gewässer, das nackte Terrain oder die Felsen, der mit krautartigen Pflanzen bedeckte Boden und endlich der Wald. Weder die Oberfläche der Gewässer noch der nackte Boden, wie jener in den Straßen der Städte, haben eine Aehnlichkeit mit dem Walde; das forstliche Klima gleicht weder dem maritimen Klima noch demjenigen der Städte. Der Wald läßt sich am besten mit einer Vegetation von riesenhafter Ausdehnung vergleichen, wofür die niedrige Bodentemperatur unter den Bäumen und die Kühle des Waldes im Sommer, vornehmlich Abends und Nachts in Folge einer sehr starken Ausstrahlung spricht. Von diesem Gesichtspunkt aus würde der Wald eher eine Quelle der Kälte als der Wärme sein.

Die Oberfläche des Waldes unterscheidet sich dadurch von anderen Oberflächen in der Natur, daß sie sehr hoch in die Luft ragt, über die Luftschicht, in welcher der Mensch lebt und sich den Arbeiten widmet, welche vom Klima abhängen, wie z. B. den Kulturen u. s. w. Es folgt hieraus, daß, mag das alljährliche Resultat ein Uebermaß oder einen Mangel an Wärme ergeben, eines oder das andere sich durch die Winde über eine größere Luftmasse ausbreiten oder sich in den benach-

Digitized by Google

barten Schichten des Bodens bemerkbar machen muß. Die Wärmeeigenthümlichkeiten der anderen Oberflächen kommen mehr direkt den unteren Luftschichten zu Statten, üben also, vom praktischen Standpunkt aus betrachtet, einen größeren Einfluß auf die Bodentemperatur aus oder unmittelbar darüber.

Die Frage, welches der wichtigste Einfluß des Waldes auf die Temperatur der tiefsten Luftschichten sei, soweit sich derselbe mittelst des Thermometers feststellen läßt, glaubt Verf. für Schweden wie folgt beantworten zu sollen.

Der Wald erniedrigt, in freien und kultivirten Gegenden Schwedens und während der Vegetation, die Temperatur der Luft und des Bodens während klarer Abende und Nächte, schränkt die Zeit der täglichen Insolation ein und hemmt dadurch die Vegetation. Die anderen Einwirkungen des Waldes auf die Temperatur in Schweden sind so schwach, daß sie keine praktische Wichtigkeit in Anspruch nehmen können — wie z. B. die Verminderung der Kälte während des Winters — oder sind von der Art, daß sie mittelst des Thermometers nicht wahrgenommen werden können. Unter den Einwirkungen letzterer Art ist der Schutz anzuführen, welchen der Wald gegen die kalten und heftigen Winde einer empfindlichen Vegetation gewährt. In gewissen Fällen kann er auch gegen kalte Luftströmungen oder Nebel schützen, welche während kalter Nächte von benachbartem Terrain kommen und Veranlassung zu Frost geben können. Der günstige Einfluß des Waldes auf die Temperatur scheint sonach, wie Verf. ausführt, derselbe zu sein, welchen man mit Hilfe einer Mauer, einer Pallisade, einer Hecke oder anderer Gegenstände solcher Art erreichen würde.

Einerseits gewährt also der Wald, wenn er sich in der Nachbarschaft befindet, mechanisch einen Schutz gegen heftige Winde; andererseits aber schadet er, indem er die Sonnenwärme zurückhält, welche nothwendig ist, oder indem er die Bodenwärme während klarer Nächte herabdrückt und dadurch die Rauhfröste begünstigt. Auf größere Entfernungen übt der Wald keinen wahrnehmbaren Einfluß in unserem Lande aus. *E. W.*

A. Woeikof. **Der Einfluß der Wälder auf das Klima.** A. Petermann's Mittheilungen. Gotha 1885. Bd. 31. S. 81—87.

Mit Umgehung desjenigen Theils der Abhandlung, welcher auf bereits in dieser Zeitschrift berücksichtigte Arbeiten Bezug nimmt, mögen die Resultate jener Untersuchungen des Verf. hier eine Stelle finden, welche die Frage, ob große Waldkomplexe einen solchen Einfluß auf das Klima ausüben, daß sich derselbe auch bei Beobachtungen außerhalb des Waldes erkennen läßt, zum Gegenstand haben.

Indien liefert gute Beispiele dieser Art. Zuerst ist es nöthig zu bemerken, daß hier die Temperaturabnahme nach Norden äußerst langsam ist und z. B. zwischen 19 und 31° nur 0,08° per 1° Breite beträgt. Weiters bemerkt Verf., daß im nördlichen Indien die Monate April bis Juni mit Recht die heiße Jahreszeit genannt werden; diese Monate sind auch im größeren Theil des Landes sehr trocken, die ergiebigen Regen fangen erst Ende Juni an. Die Hitze und Trockenheit sind am intensivsten im Innern des Landes und werden durch die Nähe des Meeres natürlich gemildert.

Zwischen 23—27° giebt es im nördlichen Indien ganz oder fast ganz waldlose Gegenden, z. B.: den größeren Theil von Bengal, der Nordwestprovinzen, Audh, von den westlicheren Gegenden nicht zu reden, und dicht bewaldete, z. B. Assam,

Digitized by Google

Sylhet, Cachar u. s. w. Die folgende Tabelle zeigt, daß in den bewaldeten Gegenden des nördlichen Indiens, selbst ziemlich fern vom Meere: 1) die heiße Zeit im April bis Juni wegfällt, so daß die Temperatur ununterbrochen steigt von Januar bis Juli; 2) die Mitteltemperatur der Monate April bis Juni 4—6° niedriger ist, als in den unbewaldeten, in gleicher Nähe vom Meere, eine Differenz, welche in so niederer Breite, bei solcher Nähe der Stationen an einander (z. B.: Entfernung Patna-Goalpara 550 km in der Ebene, also Temperaturunterschied 1° auf 100 km) und dem Fehlen trennender Gebirge nirgends sonst auf der Erde beobachtet wird. 3) Die Maxima differiren noch mehr als die Mittel und zwar sind dieselben in dem Waldgebiete des nördlichen Indiens nicht, oder kaum höher, als z. B. im mittlern und südlichen Rußland, während im waldlosen Theile des nördlichen Indiens, ziemlich nahe am Meere, jedes Jahr Temperaturen über 40° vorkommen, häufig genug über 45°. 4) Die Feuchtigkeit der Luft ist, namentlich im dicht bewaldeten Ober-Assam (Sibsagar) groß, selbst in den Monaten April bis Juni 40% und mehr über der mittleren relativen Feuchtigkeit in waldlosen Gegenden in demselben Abstand vom Meere. 5) Wahrscheinlich wird theilweise dadurch der frühe Anfang und die allmähliche, regelmäßige Zunahme der Regen im Waldlande erklärt, während westlich davon eine plötzliche Zunahme im Juni oder Juli stattfindet und selbst noch, nachdem die Winde schon die dem Sommer eigene Richtung angenommen haben, die Regen noch lange ausbleiben, weil die Luft zu heiß und zu trocken ist. 6) Um zu zeigen, daß die relative Feuchtigkeit in Sibsagar nicht nur in den Regenmonaten groß ist, giebt Verf. auch die Mittel für den Dezember, welcher auch hier nahezu regenlos ist. Und doch ist die mittlere Feuchtigkeit 82% gegen 60 in Patna, welches dem Meere viel näher liegt.

Die nun folgende Tabelle bedarf keiner weiteren Erklärung. Die Maxima fallen fast immer auf die Monate April bis Juli, selten auf andere, und selbst dann differirt das Maximum nur wenig von dem in diesen Monaten beobachteten.

Breite	Name des Ortes	Entfernung vom Meere km	Mittlere Temperatur						Mittleres Maximum	Relative Feuchtigkeit					Regenmenge mm					
			April	Mai	Juni	Juli	Dez.	Jahr	April bis Juli	April	Mai	Juni	Juli	Dez.	April	Mai	Juni	Juli	Dez.	Jahr
27	Agra	1105	30,7	34,0	34,5	30,6	16,6	25,9	47,4	31	34	40	69	54	50	4	18	72	232	7	687
27	Lucknau	847	30,3	33,2	33,5	30,2	16,1	25,6	47,2	38	44	51	73	60	58	4	20	112	276	11	963
25	Allahabad	682	30,8	33,4	33,1	29,4	15,8	25,1	46,7	36	42	50	78	69	62	4	8	108	305	3	963
26	Patna	445	30,3	31,4	31,4	29,3	16,8	25,4	44,3	38	51	62	78	59	60	8	37	166	259	3	1042
24	Berhampur	270	29,6	29,7	29,2	29,6	18,9	25,6	42,6	60	68	79	85	69	72	53	116	253	368	2	1432
23	Bardwan	194	30,0	29,7	29,6	28,9	19,3	26,0	42,0	60	68	78	84	66	71	67	120	255	306	4	1469
22	Sagar-(Saugor-) Insel	a.M.	29,0	29,9	29,8	28,8	20,1	26,4	35,0	80	80	83	85	74	80	36	111	296	365	5	1839
	Waldgebiet von Assam																			
25	Silchar	295	25,6	26,7	27,6	27,7	18,7	24,2	36,7	72	77	83	84	72	76	308	367	487	559	13	2975
26	Goalpara	427	25,3	25,8	26,7	27,4	18,3	23,8	36,2	68	77	87	86	73	75	160	316	659	455	8	2420
27	Sibsagar	555	23,3	25,3	28,2	28,5	15,9	22,9	36,9	80	82	83	84	84	82	262	281	383	398	13	2403

Digitized by Google

Verf. ist auf die Engegnung gefaßt, die große Feuchtigkeit und relativ niedrige Temperatur im April bis Juni in Ober-Assam seien eine Folge der allgemeinen klimatischen Lage und nicht der dort vorwältenden dichten Wälder. Freilich ist Ober-Assam weit von den trockensten und heißesten Theilen Indiens entfernt, aber die Tabelle zeigt, wie selbst die Nähe des Meeres die Hitze weniger mildert, als die Wälder. (S. Sagar-Insel.) Dann bemerkt Verf. noch, daß Ober-Assam eine Lage im Windschatten das feuchten S.W.-Monsunes hat; dies müßte die Regenmenge mildern und selbst zu Föhnwinden Veranlassung geben. Wirklich ist zu sehen, daß es in Sibsagar im Juni und Juli wärmer und trockener ist, als in Goalpara. Ein Blick auf die Karte zeigt, daß im SW. das Khassia-Gebirge liegt, auf dessen Südabhange und Kammhöhe die ergiebigsten Regen fallen, welche auf unserer Erde bekannt sind und zwar fast ausschließlich von Mai bis Oktober. Indem der Wind über das Gebirge steigt und dann in die Thalebene des mittleren Brahmaputra herabkommt, muß er relativ trocken sein. Diese Berge schneiden also die direkte Zufuhr feuchter Luft ab, nur ein schwächerer Arm des feuchten Monsunes dringt auf Umwegen von Westen ein. Eine Verstärkung des Regens durch Aufsteigen der Luft findet kaum statt bis Sibsagar, denn der Ort liegt kaum 110 m hoch und hinlänglich weit von den Bergen im Norden und Osten.

An einem weiteren Beispiel (Süd-Amerika) weist Verf. nach, daß dichte Wälder nahe am Aequator die Luft ebenso und selbst mehr abkühlen, als das Meer, und daß, wenn der Waldkomplex groß ist, auch hohe Maxima verhindert werden. Verf. hat schon früher gezeigt, daß dies durch die Verdunstung der Blätter und die Abschwächung der Winde bewirkt wird. In ersterer Hinsicht ist die Wirkung dichtstehender niederer Gewächse analog, aber 1) die Schwächung des Windes ist viel unbedeutender, daher die Feuchtigkeit viel rascher weggebracht werden kann; 2) namentlich bei nicht tiefwurzelnden Pflanzen, wie z. B. Gramineen, ist die Feuchtigkeit bald erschöpft, und sie welken, wenn der Regen nicht häufig ist, bald, verdunsten dann wenig, und die abkühlende Wirkung ist daher auch kleiner.

Der Wald hält das Wasser vom Regen oder thauenden Schnee durch die Decke von Streu, Moder, Moos u. s. w. viel besser auf und läßt nur bei großen Wassermassen einen Theil oberflächlich ablaufen; der Rest filtrirt langsam und viel davon wird zur Verdunstung der Bäume verbraucht. Wenn auch Wälder, namentlich dichte, üppige Tropenwälder, natürlich ohne eine bestimmte Zufuhr von Wasser nicht existiren können, so sind sie doch ziemlich gleichgültig gegen die Zeit, wann es zugeführt wird. Ein gutes Beispiel sind die Wälder von Lenkoran an der Westküste des Kaspischen Meeres. Die Vegetation ist so üppig wie nirgends in Europa, eine Menge von Schlingpflanzen umranken die Bäume, im Walde ist es immer feucht, und doch ist die Regenkurve subtropisch, d. h. es fällt sehr wenig Regen im Sommer, aber viel im Herbst und Winter. Das Wasser wird im Walde aufgespeichert und dient zur Verdunstung in der Sommerhitze.

Was den Einfluß der dichten Wälder warmer Erdstriche auf die Regen betrifft, so ist Verf. der Meinung, daß, wenn die allgemeinen klimatischen Verhältnisse den Regen entgegen sind, auch in größeren Waldkomplexen kein Regen fällt. Dies ist der Fall, wenn der Wind beständig ein absteigender ist oder aus kühleren trockenen Himmelsstrichen weht, wie im November bis Februar in Assam, wo NE.-Winde

Digitized by Google

vorwalten. Ist eine mächtige Luftströmung aus wärmeren und feuchteren Himmelsstrichen vorhanden, namentlich wenn sie noch eine aufsteigende Bewegung hat, so sind die Verhältnisse dem Regen günstig, sei die Gegend vorwaltend Wald, Feld oder Steppe. Aber bei weitem nicht immer giebt es solche scharf ausgeprägte Wassertypen. Sehr oft und namentlich in der Nähe des Aequators, sind die Winde veränderlich oder lokal, oder es herrschen Windstillen. In solchen Verhältnissen müssen dichte Wälder dem Regen günstig sein, weil sie den Winden ein Hinderniß entgensetzen und dadurch die Luft zum Aufsteigen zwingen, außerdem die Luft im Walde schon feucht ist. Das eine und das andere ist einer Kondensation günstig. Bei derselben Windrichtung muß es in waldlosen Gegenden nicht oder weniger regnen. Bei Windstille und heiterer Witterung nach einer langen, regenlosen Periode ist der aufsteigende Strom über Wäldern viel feuchter, als über unbewaldeten Gegenden, wo der Boden ausgetrocknet, die Vegetation verwelkt ist, daher dort wieder günstigere Verhältnisse für Regen. Auch die Windstille selbst ist günstig für Regen des aufsteigenden Stromes. Verf. erinnert nur an die häufigen Nachmittagsgewitter in gut geschützten Alpenthälern. Gerade der vorkommende frühere Anfang der Regen in bewaldeten Tropengegenden beweist die Richtigkeit des oben Bemerkten.

Verf. hat früher auf die Feuchtigkeit der Luft und die relativ niedrigen Maxima in Waldgegenden niederer Breiten hingewiesen. Es ist dies nicht etwa so zu verstehen, daß feuchte Luft unverträglich wäre mit hoher Lufttemperatur. Das Klima am rothen Meere beweist das Gegentheil; selbst die relative Feuchtigkeit ist sehr groß, aber trotzdem ist die Mitteltemperatur mehrere Monate über 30°, und 40° und darüber werden nicht selten beobachtet. Im Walde rührt aber die Feuchtigkeit hauptsächlich von der Verdunstung der Blätter her, d. h. von einem Processe, bei welchem Wärme in Arbeit umgesetzt wird, daher die Abkühlung.

Verf. unternimmt nun weiters zu untersuchen, ob sich ein Einfluß der Wälder auf die klimatischen Verhältnisse ihrer weiteren Umgebung auch für den westlichen Theil der alten Welt, in Breiten von 38—52°N. beweisen läßt. Er nimmt die Temperatur des Juli als des wärmsten Monats. Im Großen und Ganzen ist die Temperatur niedriger an den Ufern des atlantischen Ozeans und steigt gegen das Innere des Kontinentes. In den folgenden Tabellen hat Verf. nur Beobachtungen außerhalb des Waldes genommen. Um den Einfluß der Breite zu berücksichtigen, hat er angenommen, die Temperatur nehme nach Süden um 0,5° pro Breitengrad zu. Außerdem nahm er einen Temperaturunterschied von 0,7° pro 100 m an, reducirte aber nicht auf das Meeresniveau, sondern auf 200 m über demselben. Dies mindert die Reduktion für die größere Zahl der genommenen Orte, vermindert also auch den möglichen Irrthum.

Von den angeführten Beispielen sind die folgenden ausgewählt worden.

Mitteltemperatur des Juli, auf 50° N. Br. und 200 m über dem Meeresniveau reducirt.

Guernsey	55,3	Troppau	20,0
Brüssel	17,0	Arvavaralja (Karpathen)	17,9
Würzburg	20,0	Lemberg	18,6
Promenhof (NW.-Böhmen)	18,0	Kiew	19,0
Prag	20,0	Charkow	20,2
Hochwald (Böhm.-Mähr. Plateau)	17,6	Ssemipalatinsk	22,6

Digitized by Google

Man bemerkt rasches Steigen der Temperatur vom Ozean bis zum Mainthal; dann bewirken die großen Waldkomplexe im Westen und Osten von Böhmen eine viel niedrigere Temperatur; in der Mitte dieses Landes ist sie wieder höher, wie auch in Oesterr.-Schlesien, in den dicht bewaldeten Thälern der ungarischen Karpathen ist sie viel niedriger. In Ostgalizien, fern von den Karpathen, wirken die nahen Wälder noch so sehr, daß die Temperatur niedriger ist, als im Mainthal und im mittleren Böhmen. In Kiew ist sie auch noch niedriger, als in obigen Gegenden, denn die Wälder und Moräste kommen der Stadt im Nordwesten und Nordosten sehr nahe. Selbst Charkow ist wenig wärmer als Prag; es gab dort noch kürzlich große Wälder; weiter im Osten wird es aber viel wärmer, wo die Steppen allein herrschen.

Mitteltemperatur des Juli, auf 46° N. Br. und 200 m über dem Meeresniveau reducirt.

La Rochelle	19,3		Berge S. E.-Ungarn	Orawicza	19,7
Mailand	22,7			Pojana Ruska (Ruczkberg)	19,9
Triest	22,6				
Zaghrab (Ungarn)	21,7		Odessa		21,8
Ungar. Pusten	Szegedin	22,0	Cherson		22,5
	Arad	22,8	Astrachan		24,2
			Raïmsk u. Kasalinsk (Syr-Daja)		24,5

Sehr bemerkenswerth sind die hohen Temperaturen des Juli in Triest, an den Ufern des Meeres. Aber es ist bekannt, wie kahl und verbrannt die Umgegend der Stadt, wie stark also die Sonne die Felsen erhitzen kann. In dem Hügellande von Kroatien ist die Temperatur niedriger, große Wälder giebt es hier noch; es ist wohl kein Zweifel, daß im Innern von Serbien und Bosnien die Temperatur im Sommer noch niedriger ist, wegen der großen Wälder, welche hier noch existiren, während näher am Meere, wo nackter Fels vorwaltet, die Temperatur sicher höher ist. In der That ist dies der Fall, wie aus der nachträglich vom Verf. gegebenen Zusammenstellung hervorgeht.

Mitteltemperatur der drei Sommermonate, auf 44° N. Br. und 200 m über dem Meeresniveau reducirt.

Kroatien.	Agram (Zaghrab)	21,5	Herzegowina	Klissa	23,8
	Banjaluka	21,3		Mostar	24,5
Bosnien.	Dolnja Tusla	20,1	Dalmatien	Knin	23,1
	Travnik	21,3		Lissa	22,4
	Serajewo	20,7			

Aus dieser Tabelle ist zu sehen, daß die Temperatur des Sommers 1) in Bosnien um 2,5—4,5° kühler ist, als in der Herzegowina, 2) selbst auf der Insel Lissa, wo unter der vollen Wirkung des adriatischen Meeres der Sommer kühler sein sollte, diese Temperatur mehr als 1° höher ist als in Bosnien, welches von allen Meeren durch hohe Gebirge getrennt ist. Diesen relativ kühlen Sommer hat Bosnien wohl seinen ausgedehnten Wäldern zu verdanken.

Die vorstehenden Daten zeigen, daß auch im westlichen Theile des alten Kontinents große Waldkomplexe die Temperatur der benachbarten Orte bedeutend beeinflussen, und daß durch dieselben die

Digitized by Google

normale Zunahme der Temperatur von dem atlantischen Ozean in das Innere des Kontinentes nicht nur unterbrochen wird, sondern weiter im Innern gelegene Gegenden einen kühleren Sommer erhalten, als dem Meere nähere.

Die vorhergehenden Betrachtungen haben gezeigt, daß ein Einfluß der Wälder auf das Klima existirt, daß er nicht am Rande des Waldes aufhört, sondern sich auf einer mehr oder minder großen Strecke zeigt, je nach Größe, Art und Lage des Waldkomplexes. Natürlich folgt daraus, daß der Mensch durch Ausroden der Wälder hier und Pflanzen derselben dort erheblich auf das Klima wirken kann. Es fehlt nicht an Stimmen, welche die Meinung vertreten, daß, da der Wald den Niederschlag vermehre, es nur nöthig wäre, Wald zu pflanzen, um die Wüsten von der Erde zu streichen. Wer in klimatologischen Fragen bewandert ist, wird nicht eine so extreme Stellung nehmen. Wenn auch der Wald mit dem fallenden Niederschlage haushälterisch verfährt, ihn auf lange Zeit aufspeichert, ja bis zu einem gewissen Grade die Menge des Niederschlags vermehrt, so sind doch viele Gegenden unserer Erde viel zu trocken, um je Wälder zu tragen, denn die Waldvegetation fordert viel Wasser. Andererseits sind lichte Wälder und solche, welche aus Bäumen mit einem wachsartigen, die Verdunstung mindernden Ueberzuge bestehen, wohl im Stande, in trockenen Klimaten auszuhalten, als dichtere und aus mehr verdunstenden Bäumen bestehende; aber erstere mildern die Hitze und Trockenheit weniger als letztere. Andererseits kann Verf. der Meinung nicht beipflichten, daß, wo bei der Ankunft zivilisirter Menschen keine Wälder waren, auch solche nicht existiren können. Die Erfolge der Waldkultur in den Steppen Südrußlands, den Prairien Nord- und den Pampas Südamerikas beweisen zur Genüge die Unhaltbarkeit dieser Meinung.

Wenn nur ein gewisses Quantum Niederschlag fällt, mag es in dieser oder einer anderen Art auf das Jahr vertheilt sein, dann kann Wald existiren. Selbst lange Perioden der Dürre sind viel weniger schädlich für Wälder als für Wiesen Felder u. s. w., und aus dem Vorhandensein regenloser Perioden in einem Lande kann nicht auf Unmöglichkeit der Waldkultur gefolgert werden, wenn nur in den anderen Monaten reichliche Niederschläge fallen. *E. W.*

R. Aßmann. **Einfluß der Schneedecke auf die Temperatur der Luft**[1]). Das Wetter. Meteor. Monatsschrift. 1886. Nr. 2. S. 21.

Das Auftreten intensiven Frostes im Thüringer Becken innerhalb eines eng begrenzten Landstriches am 8. Januar 1886 veranlaßte den Verf., eine nähere Untersuchung dieser Erscheinung vorzunehmen auf Grund der zu diesem Zweck von 52 Stationen eingeholten Wetterberichte. Nach letzteren giebt Verf. eine nähere Beschreibung der Wetterlage sowie der Verbreitung des Frostes in bezeichneter Gegend. Es sei hier bemerkt, daß die Temperaturerniedrigung plötzlich auftrat und an vielen Orten sehr bedeutend war; so betrug das Minimum der Lufttemperatur am 8. Januar in Kassel −24,6, in Erfurt −27,5, in Langensalza 28,8[2]). Trotzdem der hohe Luftdruck, der in der Nacht vom 7. zum 8. über Mitteldeutschland mit rapider Schnelligkeit fortzog, am Morgen des 8. verschwunden

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 471—473 und Bd V. 1882. S. 347 u. 348.

[2]) In Lengenfeld u. St., am Eichsfelde gelegen, wurde dicht über dem Schnee eine Minimaltemperatur von −33,1° beobachtet.

Digitized by Google

war, lag sibirische Kälte über Thüringen, und die unteren Luftschichten schieden in Folge derselben dichten Nebel aus. Während die dichte, schwere Luft in den Thalungen und Niederungen lagerte, brauste schon ein stürmischer Südwest, dem übermächtigen Zuge nach einer heranrückenden Depression leicht und ohne hemmende Bodenreibung folgend, in der Höhe des Gebirges.

Eine Vergleichung der Vertheilung des Frostes mit derjenigen der Schneedecke zeigte nun in ganz auffälliger Weise, daß die Temperatur am 8. Januar um so niedriger gewesen ist, je höher die Schneedecke war. Die folgenden einer größeren Tabelle entnommenen Zahlen weisen den Zusammenhang zwischen Schneedecke und Temperatur nach.

	Morgentemperatur am		Minimum der Luft	Höhe der Schneedecke
	7.	8.	am 8.	cm
Zone I. Nördlich vom Harz	−5,0	− 9,8	−10,5	0,5
„ II. Zwischen Harz u. Thüringer Wald	−6,9	−20,7	−23,5	21,2
„ III. Südlich vom Thüringer Wald .	−4,9	−14,0	−16,2	8,3.

Die Wirkung der Schneedecke auf die Ausstrahlung ist hierbei ersichtlich. Wir haben uns dieselbe in der Weise zu denken, daß der Schnee vermöge seiner großen Oberfläche ausnehmend geeignet ist, starke nächtliche Strahlung zu erleiden, besonders wenn er locker liegt, daß aber außerdem durch ihn eine fast undurchdringliche Wand zwischen dem Erdboden und der Luft geschaffen wird. Die schlechte Wärmeleitung des Schnees bewirkt eine vollständige Einflußlosigkeit der Bodenwärme auf die darüber befindliche Luft. Der Erdboden ist bekanntlich in der Tiefe von wenigen Metern im Winter am wärmsten und wirkt daher auf die unmittelbar anliegende, durch Ausstrahlung oder herbeigeführte kalte Luft abgekühlte Luftmasse als eine Wärmequelle. Wie beträchtlich diese Wärmequelle ist, geht aus einer von *Ebermayer*[1]) mitgetheilten Untersuchung hervor (Zeitschrift d. österr. Ges. f. Met. Bd. VIII. S. 283), nach welcher z. B. die Lufttemperatur −16,4, das nächtliche Minimum 24,1 gleichzeitig aber unter einer 15—18 cm hohen Schneedecke die Temperatur der Boden- Oberfläche nur 1,1° in 30 cm Tiefe + 1,0 und in 1,3 m Tiefe + 6,0° betragen hatte. Hieraus geht hervor, daß die Isolirung der untersten Luftschicht von dem warmen Erdboden eine erhebliche Erkaltung derselben begünstigen muß. Dieser Vorgang der Ausstrahlungs-Erkaltung bedarf jedoch einer gewissen Zeit, um zur Entwickelung zu gelangen, weshalb wir, da die Schneedecke in unserem Fall in den späten Nachtstunden gefallen und erst in den Morgenstunden Aufklaren des Himmels eingetreten war, nur eine mäßige Mehr-Erkaltung in den stark schneebedeckten Gegenden bemerken. Nun aber trat eine andere Wirkung der Schneedecke ein. Wir finden nämlich überall dort, wo keine oder nur eine ganz schwache Schneedecke lag, eine erhebliche Temperatur-Zunahme unter dem Einfluß der Sonnen-Einstrahlung während des Tages eintreten, da der dunkle Erdboden mehr Sonnenwärme absorbirte, als die Licht und Wärme zurückstrahlende dichte Schneedecke. Die wenige, von der Schneeoberfläche absorbirte Wärme wurde gänzlich zur Verdunstung verbraucht,

[1]) Vergl. die ausführlichen diesbezüglichen Untersuchungen des Ref.: Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Von *E. Wollny*. Berlin 1877. Paul Parey.

Digitized by Google

konnte also die Lufttemperatur über dem Schnee nicht erhöhen. Nun begann aber die Zeit der überwiegenden Ausstrahlung, welche, durch klaren Himmel befördert, während der Nacht zu den extremen Kältegraden, wie sie oben gekennzeichnet wurden, führte.

Verf. weist ferner nach, daß die Wärmeausstrahlung wegen trockener Beschaffenheit der Luft am kritischen Tage außerdem sehr gefördert worden war.

Als allgemeines Schlußresultat dürfen wir folgendes ansehen:

1) Eine hohe Schneedecke befördert durch Vermehrung der Wärmeausstrahlung, durch Verhinderung der Bodenbestrahlung und durch Verhinderung der Erwärmung der Luft durch den Erdboden eine schnelle und intensive Erkaltung der Luft, wenn gleichzeitig trockene Luft und klarer Himmel vorhanden sind.
2) Je höher unter solchen Verhältnissen die Schneedecke ist, je größer fällt die Abkühlung aus.
3) Besonders intensiv fällt die Erkaltung dann aus, wenn die Schneedecke in einer muldenförmigen Niederung liegt, welche von höheren Bodenerhebungen allseitig umrandet ist.

E. W.

J. Hann. **Ueber den Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land.** Zeitschrift der österr. Ges. f. Meteor. Bd. XX. 1885. S. 457—462.

Bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer ist Verf. von selbt dahin geführt worden, auch der in der Ueberschrift bezeichneten Frage seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Während gleichzeitige korrespondirende Beobachtungen in einer Stadt und in deren nächster Nähe auf dem Lande recht selten sind, tritt der andere Fall häufiger ein, daß derartige Beobachtungen aus verschiedenen Zeiträumen vorliegen. Dadurch, daß Verf. die Resultate aller Beobachtungsreihen auf die gleiche Normalperiode 1851/80 reducirte, wurde es ihm möglich, auch nicht gleichzeitige Beobachtungen zur Untersuchung des Temperaturunterschiedes zwischen Stadt und Land zu verwenden.

Im Nachfolgenden finden sich die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land zusammengestellt:

Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land.

Die Stadt wärmer als das Land.

	Wien	Budapest	Cilli	Linz	München	Perpignan	St. Louis	Calcutta
Dezember	0,1	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	1,1	0,8
Januar	0,2	0,9	0,6	0,4	0,6	0,5	1,2	0,9
Februar	0,3	1,1	0,8	0,4	0,7	0,5	1,2	0,7
März	0,4	0,7	1,2	0·2	0,7	0,4	1,3	0,3
April	0,5	0,3	1,2	0,2	0,8	0,4	1,2	0,3
Mai	0,6	0,5	1,1	0,2	0,7	0,4	1,1	0,2
Juni	0,6	0,5	1,0	0,1	0,7	0,6	0,8	0,1
Juli	0,5	0,6	0,9	0,2	0,9	0,5	0,7	−0,1
August	0,5	0,8	1,2	0,6	1,0	0,2	0,8	0,0

Digitized by Google

	Wien	Budapest	Cilli	Linz	München	Perpignan	St. Louis	Calcutta
September	0,5	0,9	1,0	0,8	0,9	0,2	0,9	0,2
Oktober	0,5	0,9	0,7	0,5	0,7	0,2	1,1	0,8
November	0,1	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	1,2	0,8
Jahr	0.4	0,7	0,9	0,4	0,8	0,4	1,1	0,4

Man kann aus dieser kleinen Tabelle folgende Sätze ableiten:

1) Die mittlere Temperatur in der Stadt ist (mit seltenen Ausnahmen) das ganze Jahr hindurch höher als in deren Umgebung auf dem Lande.

2) Der Betrag dieses Temperaturüberschusses ist sehr verschieden und schwankt etwa zwischen ½ bis 1°. Er scheint weit weniger von der Größe der Stadt abhängig zu sein, als von der nächsten Umgebung der Station innerhalb derselben. Ist die Aufstellung der Thermometer in einer Stadt sehr günstig, so kann er selbst in großen Städten im Jahresmittel bis unter 0,5° herabsinken.

3) Die jährliche Periode dieses Temperaturunterschiedes ist nach den Oertlichkeiten ganz und gar verschieden und hängt von der Art der Strahlungseinflüsse ab, denen die Thermometer ausgesetzt sind. Es kann im Innern einer Stadt entweder die Erwärmung und verminderte Wärmeausstrahlung des Winters überwiegen, oder die Wärmereflexe der Mauern, Straßen u. s. w. im Sommer. Daher fällt das Maximum hie und da auf den Winter, anderswo auf den Sommer. Der Lokaleinfluß zu Calcutta gehört wohl zu jenen der zweiten Kategorie, weil dort der Winter die heitere Jahreszeit ist, der Sommer dagegen die Zeit der fast kompleten Trübung und der Niederschläge.

Noch eine dritte Kategorie der Lokaleinflüsse ist zu erkennen. Die Nähe der Thermometer an dicken Mauern auf deren Nordseite kann in vielen Fällen zur Folge haben, daß die mittlere Temperatur im Frühjahr auf dem Lande rascher zu steigen scheint als in der Stadt, im Herbst hält sich umgekehrt die Stadttemperatur noch längere Zeit höher. Dies wird zur Folge haben eine Verminderung der Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Land im Frühjahr und eine Steigerung derselben im Herbst.

Im tägliche Gange der Temperatur dagegen ist die Art dieses Einflusses viel übereinstimmender. Fast ohne jede Ausnahme zeigt sich, daß in den kühleren Tagesstunden der Temperaturunterschied am größten ist, in den wärmsten Tagesstunden aber sein Minimum erreicht. In gleicher Weise zeigt sich dies auch bei den absoluten Extremen, die Minima sind in der Stadt weit höher, die Temperatur jenen des Landes gleich oder selbst etwas niedriger. Die täglichen Temperaturschwankungen, sowie auch die absoluten Schwankungen sind deshalb in der Stadt kleiner als in deren Umgebung auf dem Lande.

Das Resultat dieser Untersuchung ist, daß, wo die Beobachtungsstation sich innerhalb einer Stadt befindet, man darauf gefaßt sein muß, daß die mittlere Temperatur um ½ bis 1° zu hoch gefunden wird. Dieser Umstand ist bei der Konstruktion der Isothermenkarten wohl zu berücksichtigen. Gute Stationen II. Ordnung auf dem Lande sind also selbst Observatorien I. Ordnung innerhalb einer Stadt weit vorzuziehen, wo es sich um Beurtheilung der wahren absoluten Werthe der Temperatur handelt. *E. W.*

J. Jamin. **Ueber die nächtliche Strahlung.** Comptes rendus. T. C. p. 1273 und „Der Naturforscher" 1885. Nr. 32 S. 301.

Digitized by Google

Die bekannte Thatsache, daß regelmäßig in den Monaten April oder Mai die Temperatur in der Nacht ein Sinken zeigt, das bis auf — 5° oder — 7° gehen kann, wenn der Himmel klar ist und der Wind aus Norden kommt, wird von den Meteorologen auf die nächtliche Strahlung zurückgeführt. Warum aber letztere immer um dieselbe Zeit des Jahres eine so große Intensität erreicht, suchte Verf. durch den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre zu erklären, dessen Größe er aus den Beobachtungen der Luftschiffer, besonders aus denen von *Glaisher* ableitet.

Nach der von ihm jüngst gegebenen Formel zur Berechnung der Luftfeuchtigkeit ließ Verf. durch *Angot* die *Glaisher*'schen Beobachtungen für die Luftfahrten am 18. April, 16. Juni, 18. August und 8. September berechnen, und zwar für die einzelnen Schichten der um je 500 m steigenden Höhen von 0 m bis 7500 m. Aus den in einer Tabelle zusammengestellten Zahlen ersieht man, daß an der Oberfläche der Erde der Feuchtigkeitsgehalt in den verschiedenen Monaten wenig variirte, aber kleiner wurde, je mehr man sich in der Atmosphäre erhebt. Diese Abnahme der Feuchtigkeit ist eine sehr langsame für den 18. August und um so schneller, je mehr man sich von diesem Datum entfernt. Am 18. April war kein Wasserdampf mehr vorhanden in 3500 m, während in allen übrigen Monaten noch beträchtliche Mengen in 7500 m vorkommen.

Im Monat April also, grade in der Epoche der Frühjahrsfröste, ist die Menge von Dämpfen in der Luft am kleinsten; da nun der Dampf für die Wärme undurchgängig ist, muß in dieser Epoche des Jahres die nächtliche Strahlung am größten sein; im Monat August hingegen muß die meiste Feuchtigkeit in den Höhen vorhanden sein, da müssen die Regen am reichsten, die Nächte am wärmsten sein.

R. von Helmholtz. **Ueber Nebelbildung.** Naturwissenschaftliche Rundschau. 1. Jahrgang 1886. Nr. 9. S. 69.

Der wesentliche Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen besteht darin, daß erstere in beliebigem Grade komprimirt werden können, ohne ihren Aggregatzustand zu ändern, die Dämpfe dagegen über eine gewisse Maximalspannung hinaus keine weitere Drucksteigerung zulassen, sondern sich in tropfbar flüssiger Form niederschlagen. Dieser sogen. Sättigungsdruck hängt von der Temperatur ab — steigt mit derselben — ist aber meist davon unabhängig, ob noch Gase in demselben Raum zugegen sind und ihrerseits Druck ausüben oder nicht. So kann man einem Quantum atmosphärischer Luft Wasserdampf von so hoher Spannung beimengen, wie sie gesättigter Dampf im Vakuum bei derselben Temperatur zeigen würde. Wird aber entweder der Druck des Dampfes noch weiter gesteigert oder die Temperatur des Gemenges herabgesetzt, so scheidet sich Wasser aus und zwar meist in Form von Nebeln.

Die in der Natur am häufigsten vorkommende Veranlassung der Nebelbildung ist aber die sogen. adiabatische Ausdehnung der feuchten Luft, d. h. eine Ausdehnung, welche allein auf Kosten des inneren Wärmevorrathes des Gases geschieht. Hierbei wird der Wasserdampf einerseits abgekühlt, andererseits nimmt aber auch sein Druck ab. Dies sind zwei in Bezug auf die Nebelbildung sich entgegenwirkende Ursachen. Jedoch ist es beim Wasserdampf stets möglich, die Depression (so sei eine adiabatische Druckabnahme genannt) so weit zu treiben, daß der Einfluß der Abkühlung überwiegt und der Dampf sich trotz des verminderten Druckes niederschlägt.

Digitized by Google

Die häufigste Form der Wassernebel, die Wolken, entstehen wohl meistens auf die geschilderte Art, indem feuchte Luft vom Erdboden in die Höhe steigt und dabei eine der barometrischen Höhendifferenz entsprechende adiabatische Druckabnahme erleidet.

Die Größe derjenigen Depression, welche man anwenden muß, um aus feuchter Luft grade die erste Spur von Nebel niederzuschlagen, hängt ab von dem Sättigungsgrade oder der „relativen Feuchtigkeit" dieser Luft.

Vollkommen gesättigte Luft, d. h. Luft, die so viel Wasserdampf enthält, als bei der betreffenden Temperatur überhaupt möglich ist, müßte eigentlich bei der kleinsten, ja bei einer unendlich kleinen Depression schon Nebel ausscheiden. In der That ist es wohl auch nicht zweifelhaft, daß die relativ kleinen Depressionen von wenigen Millimetern, die in den Witterungsprognosen eine so große Rolle spielen, häufig die alleinige Veranlassung der starken Nebel sind, wie sie in der Nähe der See oder an sonstigen feuchten Orten auftreten. Andererseits haben dem Verf. aber genauere Untersuchungen gezeigt, daß selbst ganz gesättigte Luft doch immer eine endliche, wenn auch kleine Depression braucht, um Niederschläge entstehen zu lassen. Dieselbe beträgt bei 20° etwa 10 mm Wasserdruck oder 0,73 mm Quecksilber: d. h. um so viel muß der Barometerdruck adiabatisch abnehmen, damit aus gesättigter Luft Nebel entstehe. Der Dampf wird durch diese Depressionen um $^1/_{200}$ seines Druckes übersättigt. Es mag dies sehr wenig scheinen, ist aber zu viel, um nur Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden zu können. Auf die experimentelle Begründung nicht näher eingehend, versucht Verf., einige theoretische Ueberlegungen anzuführen, die geeignet scheinen, sowohl dieses Resultat wie einige anderweitige Thatsachen von Interesse zu erklären.

Nach den Anschauungen der Gastheorie ist der Druck der Gase und Dämpfe dem Stoße der gegen die Wände fliegenden Moleküle zuzuschreiben. Er ist also proportional der Anzahl der in der Zeiteinheit die Oberflächeneinheit treffenden Theilchen. Der Druck eines gesättigten Dampfes ist nun dadurch definirt, daß in gleichen Zeiten gleich viel Theilchen aus der Flüssigkeit, aus der der Dampf sich entwickelt, ein- und austreten. Also ist der Sättigungsdruck auch proportional der Anzahl pro der Zeit- und Oberflächeneinheit die Flüssigkeit verlassenden Moleküle. Diese Anzahl ihrerseits muß offenbar desto geringer sein, mit je stärkeren Kräften die Moleküle in der Flüssigkeitsoberfläche zurückgehalten werden. Werden diese Kräfte vermehrt, so treten weniger Theilchen in den dampfförmigen Zustand ein, d. h. der Sättigungsdruck nimmt ab. Ueber Salzlösungen ist also z. B. die Spannung kleiner als über reinem Wasser, weil bei jenen noch chemische Kräfte zu den gewöhnlichen Kohäsionskräften hinzukommen.

Liefert uns so der Dampfdruck gleichsam ein umgekehrtes Maß für die in der Oberfläche wirkenden Kräfte, so muß er offenbar auch von der Form der Oberfläche abhängig sein, denn in stark gekrümmten Flächen, z. B. in einer Spitze ist jedes Theilchen von viel weniger anderen Theilchen umgeben und zurückgehalten, als in einer ebenen oder gar trockenen Fläche. Daher werden konvexe Flächen leichter verlassen werden können als konkave, und es ist dementsprechend bekannt, daß Elektricität vornehmlich aus Spitzen ausströmt. Analog muß auch der Sättigungsdruck über konvex gekrümmten Flächen größer sein, als der normale über ebenen, und dieser wiederum größer als der über konkaven. Es ergiebt sich

Digitized by Google

daraus die interessante Folgerung, daß die Dampfspannung über Nebelkugeln größer ist, als die normale gesättigte, daß also der Dampf um einen gewissen Betrag übersättigt werden muß, um Nebel zu bilden.

Es ergiebt sich aber ferner eine eigenthümliche Schwierigkeit für den Beginn der Nebelbildung. Da nämlich die Nebelkügelchen scheinbar aus nichts heranwachsen, so müßten sie zuerst so winzig klein, also so ungeheuer stark gekrümmt sein, wie wir uns etwa die Moleküle selbst denken, so daß also eine sehr große Uebersättigung des Dampfes nöthig wäre, um sie entstehen zu lassen. Diese sehr große Uebersättigung ist aber im Allgemeinen beim Beginn der Nebelbildung nicht vorhanden. Wie ist dies zu erklären?

Die Antwort auf diese Frage gaben unbewußt schon die interessanten Untersuchungen von *Coulier* und *Aitken*. Dieselben haben nämlich konstatirt[1]), daß die Nebelkugeln keineswegs aus nichts aufgebaut werden, sondern im Gegentheil immer fester und flüssiger Ansatzkerne bedürfen. Dieselben werden ihnen geliefert durch den in der Atmosphäre stets vorhandenen Staub. Beweisen kann man diese Thatsache sehr leicht auf folgende Weise: Zuerst reinigt, filtrirt man die Luft, indem man sie durch einen dicken Pfropfen von reiner Watte hindurchsaugt oder sie in einem geschlossenen Gefäße solange stehen läßt, bis sämmtlicher Staub gefallen ist. Mengt man dann solche gereinigte Luft mit ebenfalls filtrirtem Wasserdampfe, so findet man, daß ein solches Gemenge absolut unfähig ist, Nebel zu bilden.

Verf. hat in gesättigter, filtrirter Luft Depressionen bis zu $^1/_2$ Atmosphäre angewandt, wodurch zehnfache Uebersättigung des Dampfes eintreten müßte, ohne daß sich eine Spur von Nebel zeigte. Es fehlen die Flächen, auf denen das erste flüssige Wasser sich niederschlagen kann, daher entsteht überhaupt kein Niederschlag. Ist freilich erst irgendwo ein Nebelkügelchen gebildet, so wächst dasselbe schnell und plötzlich zur Größe eines Regentropfens an. Analoge Erscheinungen sind übrigens schon bei anderen Aggregatänderungen bekannt, z. B. kann das Kochen des Wassers verzögert werden, daß man sorgfältig Gefäßwände und Wasser von jedem fremden Gastheilchen befreit. Auch war eine mögliche Uebersättigung des Dampfes theoretisch schon vermuthet worden, ehe sie *Aitken* auf die angegebene Art experimentell bewies.

Umgekehrt zeigt nun die Existenz von Wolken, daß überall in der Atmosphäre Staub schweben muß, wodurch *Tyndall*'s Vermuthung, daß die Himmelsbläue durch Diffraktion des Lichtes an solchen kleinen, festen Theilchen herrühre, viel an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Freilich wissen wir noch wenig über die Natur des Staubes, der jedenfalls sehr fein sein muß. *Coulier* und *Aitken* erzeugten solchen nebelbildenden Staub auf mancherlei merkwürdige Weise. Z. B. bewiesen sie, daß ein glühender Platindraht, ja sogar glühendes Glas die Luft „aktiv" d. h. nebelbildend macht, was ein Verdampfen resp. Abschleudern von Platin- und Glastheilchen beweisen würde. Sehr wirksame Stauberzeuger sind ferner brennender Schwefel, Tabaks- und anderer Rauch, ferner Salze, die in der Luft fein vertheilt sind, wie z. B. Salmiaknebel.

Nebel, der sich über den zuletzt genannten Staubarten bildet, unterscheidet sich in einer Eigenschaft von dem gewöhnlichen. Er erhält sich nämlich auch

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 142.

Digitized by Google

dann, wenn die Luft nicht mehr vollständig gesättigt ist. Der Grund seines Bestehens ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß in diesen Fällen noch chemische Kräfte zwischen dem niedergeschlagenen Wasser und den Kernen, den Salzen, wirken und ein Wiederverdampfen verhindern. Dämpfe von verschiedenen Säuren z. B. schwefliger und Schwefelsäure erzeugen auch permanente Nebel. Die Hartnäckigkeit und Dichte der Nebel in großen Städten mit vielen rauch- und säureerzeugenden Feuerstätten wird hierdurch verständlich. Man sieht, wie die Beobachtung der Nebelbildung unter Umständen auch für das praktische Leben von Interesse sein kann.

J. Aitken. **Ueber den Thau.** „Nature" Vol. XXXIII. p. 256 und „Naturwissenschaftliche Rundschau" 1. Jahrgang 1886. Nr. 15. S. 121.

Verf. hat in vorliegender Abhandlung den Thau einer Reihe von Versuchen unterworfen, welche geeignet scheinen, die gewöhnliche Anschauungsweise über die Entstehungsart dieser Erscheinung in einigen Punkten zu modificiren.

Die älteste Theorie des Thaues spricht sich in den noch oft zu hörenden Worten aus: „es ist Thau gefallen", gleichsam als wäre der Thau ein feiner Regen der vom Himmel herabkäme. Dem gerade entgegengesetzt war die Ansicht, der Thau entstamme der Erde, was durch Versuche von *Gersten* (1733) in beachtenswerther Weise bestätigt zu werden schien. Doch geriethen dieselben zu Gunsten einer neuen Theorie wieder in unverdiente Vergessenheit. *Wells* arbeitete nämlich im Anfange dieses Jahrhunderts über die Verschiedenheit der Körper in Bezug auf Wärmeausstrahlung. Wie es oft geschieht, glaubte er durch ein Princip das ganze Problem lösen zu können, indem er lehrte, die bethauten Körper unterschieden sich von den nicht bethauten dadurch, daß sie in Folge eines größeren Ausstrahlungsvermögens sich weiter und zwar bis unter den Thaupunkt der Atmosphäre abkühlten. Wenn auch diese Erklärung den Kern der Sache trifft, so sind doch schon vor dem Verf. in manchen Beziehungen Zweifel an derselben erhoben worden, insbesondere von einigen italienischen Physikern, z. B. *Fusinieri* (1831), *Melloni* und *Cantoni*[1]). Daß freilich der Thau Wasserdampf ist, welcher sich auf solchen Gegenständen niedergeschlagen hat, die durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlt sind, daran zweifelt wohl niemand mehr. Es fragt sich aber, woher dieser Wasserdampf stamme, ob er mit dem in der Atmosphäre vorhandenen identisch sei oder ob eine Mitwirkung der Bodenfeuchtigkeit nothwendig dazu gehöre, wie man es früher mit *Gersten* angenommen hatte.

Aitken beweist nun durch mehrere ganz verschiedenartige Experimente, daß in der That in den meisten Fällen die letztere Anschauung die richtigere ist. Er legt flache Schalen über das Gras, mit der Höhlung nach unten; dieselben sind immer auf der inneren Seite stärker benetzt, wie auf der äußeren; auch die Grashalme zeigen unter den Schalen trotz der geringeren Strahlung mehr Thau als die freistehenden. Er schneidet ein Stück Boden heraus wiegt es genau und setzt es wieder in einer Pfanne an seine Stelle; es ist am anderen Morgen stets leichter geworden, trotz des Thaues, der nun darauf liegt. Er befestigt kleine, blanke Metallflächen dicht auf der Oberfläche des Bodens und andere einige Zoll darüber; die ersteren bleiben trocken, die oberen bedecken sich mit Thau; die Oberfläche der

[1]) Vergl. auch die Versuche von *Stockbridge*. Diese Zeitschrift 1880. Bd. III. S. 110.

Digitized by Google

Erde hat sich also nicht unter den Thaupunkt der Luft abgekühlt. Dementsprechend zeigt ihm ein Minimumthermometer dicht auf dem Boden im Grase oft mehrere Grade (bis zu 10° C.) mehr als das in der Höhe der Halme angebrachte. Daneben wird geprüft, warum nackte Erde, Kieswege, Pflaster so viel seltener und schwächer bethaut sind als Gras. Es findet sich, daß dies nur scheinbar ist, daß man Thau nur nicht an der richtigen Stelle gesucht hat. Die untere Seite der Schollen und Steine wird, sobald „es thaut", stets naß sein, die obere meist trocken bleiben, wie man sich durch Umwenden der Steine oder durch eine über Nacht auf den Boden gelegte Schiefertafel leicht überzeugen kann: auch diese wird sich nur auf der unteren Seite benetzen.

Alle diese Prüfungsversuche lassen sich leicht verstehen und übersehen, wenn man sich die Wärmevertheilung überlegt, wie sie in jeder klaren Nacht in Folge von Strahlung eintreten muß.

Sobald die Sonne untergegangen, hört die Aufnahme von Wärme auf, die Erdoberfläche strahlt nur noch aus und kühlt sich demgemäß rasch ab. Die Strahlung der Luft dagegen ist ganz verschwindend: wenn ihre Temperatur doch sinkt, so geschieht es nur durch Ableitung an den erkaltenden Boden, mit dem sie in Berührung steht. Dementsprechend wird man die Luft wärmer finden, je höher man sich von der Oberfläche erhebt; dieser Zustand ist ein statisches Gleichgewicht, kann sich daher bei Windstille im Laufe der Nacht immer intensiver ausprägen. Ebenso aber wird man steigende Temperatur antreffen, je tiefer man in den Boden eindringt, weil der Boden noch die Wärme des Tages zurückhält. Es findet daher ein Temperaturminimum in der strahlenden Oberfläche statt.

Was folgt daraus für den aus dem feuchten Boden aufsteigenden Wasserdampf? Unterhalb der strahlenden Fläche wird jede Schicht, weil sie kälter ist als die unmittelbar darunter liegende, einen Theil des von dieser aufsteigenden Dampfes kondensiren, und zwar werden feste Körper, z. B. Steine, dies hauptsächlich an ihrer Unterfläche thun. In und über der strahlenden Fläche findet dagegen keine Kondensation mehr statt, weil von hier ab steigende Temperaturen eintreten und die Luft immer mehr und mehr Dampf aufnehmen kann.

Aus diesen Ueberlegungen ließe sich der Erfolg sämmtlicher Versuche *Aitken*'s voraussagen, man muß nur die „strahlende Fläche" in jedem Fall richtig definiren. Einmal sind es die Spitzen der Grashalme, andere Male die Oberseiten seiner Schalen, Tafeln und Steine.

Nothwendig zur Thaubildung ist hiernach also Strahlung, d. h. freier Himmel (sonst liegt die strahlende Fläche in den Wolken). Nicht nothwendig aber ist, daß die bethauten Gegenstände bis zum Thaupunkt der Luft abgekühlt werden, sofern nur der Boden feucht ist, was wohl fast immer der Fall ist.

Es folgt also aus den Versuchen des Verf. das zuerst paradox klingende Resultat, daß auch in thaureichen Nächten die Atmosphäre meistens mehr Wasserdampf vom Boden aufnimmt, als sie an ihn abgiebt. Zweifellos ist freilich und wird auch vom Verf. nicht geleugnet, daß in manchen Fällen Ausnahmen eintreten; z. B. wenn zugleich Nebel entstehen, seien es auch nur Bodennebel, wie man sie über feuchten Wiesen häufig findet, so ist dies ein sicheres Zeichen, daß die ganze Luft, soweit der Nebel reicht, unter ihren Thaupunkt gekühlt wurde, was wiederum nur dadurch geschehen kann, daß die Temperatur der Erdober-

Digitized by Google

fläche mindestens ebensoweit herabgegangen ist. Ferner beobachtet man im Winter oft bei plötzlich eintretendem Thauwetter Reifbildung auf Mauern und anderen guten Wärmeleitern, während der normale Thau und Reif, wie gezeigt wurde, zumeist auf schlechten Leitern sich bildet. In diesem Falle sind die betreffenden Körper vom vorausgegangenen Froste in ihrer ganzen Masse stark gekühlt und leiten nun schnell genug Kälte aus ihrem Inneren an die Oberfläche, um den Niederschlag beständig zu erhalten.

Am Schlusse seines Aufsatzes macht Verf. noch interessante Angaben über eine Art falschen Thaues. Er bemerkt, das verschiedene Blattarten verschieden stark bethaut werden und findet, was übrigens schon länger bekannt war, daß viele Pflanzen Feuchtigkeit in Form von Tropfen auszuscheiden im Stande sind, auch wenn sie sich in trockener Luft befinden. Diese Tropfen sind vom eigentlichen Thau leicht an ihrer Größe und regelmäßigen Anordnung, je nach der Struktur der Blattes zu unterscheiden.

Bühler. **Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer.** Schweizerische Bauzeitung. Bd. VII. 1886. Nr. 17.

C. Ferrari. **I Fenomeni periodici della vegetazione.** Nuova Antologia. Vol. II. Tasc. VIII. Roma 1886.

G. Hellmann. **Ueber die tägliche Periode der Gewitter in Mitteleuropa und einige damit in Zusammenhang stehende Erscheinungen.** Meteor. Zeitschrift. Bd. II. 1885. S. 433.

L. Weber. **Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes.** Ibid. S. 168, 219 u. 451.

W. Köppen. **Die Untersuchungen von *J. van Bebber* über typische Witterungserscheinungen.** Ibid. Bd. III. 1886. S. 158.

M. Möller. **Ueber die transversale Bewegung des Wassers in Flüssen.** Ibid. S. 173.

G. Hellmann. **Bericht über das Regenmesser-Versuchsfeld in Berlin.** Ibid. S. 181.

Recension.

G. Wilhelm. **Atmosphäre, Klima, Boden.** Landwirthschaftslehre. 1. Theil. Berlin 1886. Paul Parey.

In dem im Auftrage des österreichischen Ackerbau-Ministeriums herausgegebenen Werke, betitelt: „Landwirthschaftslehre" werden in dem zunächst erschienenen ersten Theil die natürlichen Grundlagen der Landwirthschaft: Atmosphäre, Klima, Boden behandelt. Es muß dem Verf. als ein besonderes Verdienst angerechnet werden, daß derselbe die Meteorologie und Klimalehre in sehr eingehender Weise berücksichtigt und auf die mannigfachen Beziehungen der Vorgänge in der Atmosphäre zu dem Wachsthum der Kulturpflanzen hingewiesen hat, denn diese für den Landwirth unstreitig sehr wichtigen Wissensgebiete wurden bisher, bei den zur Zeit bestehenden höchst einseitigen Anschauungen über die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenproduktion, mehr oder weniger vernachlässigt. Die Darstellung des Gegenstandes ist, obwohl streng wissenschaftlich gehalten, doch eine solche, daß sich der gebildete Landwirth bei aufmerksamem Studium das richtige Verständniß für die behandelten Naturerscheinungen und dadurch eine nutzbringende Erweiterung seiner Kenntnisse verschaffen kann. Die überdies sehr fleißige Arbeit des Verf. verdient in jeder Beziehung die weiteste Verbreitung in den interessirten Kreisen. *E. W.*

Digitized by Google

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XXXVI. Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Behufs Vervollständigung resp. Richtigstellung der früheren Versuche[1]) über den Einfluß der physikalischen Beschaffenheit des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure wurde von dem Referenten neuerdings eine Reihe von Beobachtungen angestellt, deren Ergebnisse, im Verein mit den bereits veröffentlichten, zur Klärung vielfach noch auseinander gehender Anschauungen beitragen dürften. Die Versuche erstreckten sich vornehmlich auf die Frage des Einflusses der Neigung des Terrains gegen den Horizont und gegen die Himmelsrichtung, ferner der Farbe der Oberfläche und des mechanischen Zustandes des Bodens, sowie verschiedener Schichtung und verschiedener Bodenarten auf den Kohlensäuregehalt der Grundluft. Es wurde ferner die Menge freier Kohlensäure in verschiedenen Tiefen des Erdreiches sowie der bezügliche Einfluß der Bedeckung des Bodens festzustellen versucht.

[1]) Diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 1 und Bd. III. S. 1. — Ferner Bd. V. 1882. S. 299.

Digitized by Google

I. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei verschiedener physikalischer Beschaffenheit des Erdreichs.

A. Der Einfluß der Neigung des Terrains gegen den Horizont und gegen die Himmelsrichtung auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

In der einen Versuchsreihe wurden im Querschnitt quadratische Holzkästen von 1 qm Grundfläche und 25 cm Tiefe in Abständen von 2 m in einer Reihe derart im Freien, mitten auf dem Versuchsfelde aufgestellt, daß die Oberfläche des in die Kästen gebrachten Bodens genau gegen Süden exponirt war. Die Kästen erhielten dadurch eine schräge Stellung, daß unter dieselben ein aus zwei durch Verstrebungen mit einander verbundenen, winkelförmigen Brettern hergestelltes Gestell geschoben wurde. Um das Einsinken der Kästen, und damit jede Veränderung in der Stellung derselben zu verhüten, wurde die Stelle, auf welcher die Apparate aufgestellt waren, mit einem aus Brettern zusammengefügten, horizontal liegenden Fußboden bedeckt. Der Boden der Kästen war mit je 36 Löchern von 1 cm Durchmesser versehen, welche den Abfluß des von dem Erdreich nicht festgehaltenen Wassers ermöglichten.

Die bei einem Neigungswinkel von 10, 20 und 30° aufgestellten Kästen wurden mit humosem Kalksandboden in feuchtem Zustande, durch Einstampfen jeder ca. 3 cm hohen Schicht gefüllt. In der Mitte des Bodens wurde hierauf eine eiserne, unten offene und mit Löchern versehene Röhre bis zu einer Tiefe von 20 cm eingesenkt und durch deren oberes, über dem Boden befindliche und mit einem Gummischlauch versehene Ende die Bodenluft aspirirt.

In einer zweiten Versuchsreihe wurden in derselben Weise Kästen nach den vier Hauptthimmelsrichtungen und bei einer Neigung von 15° und 30° gegen den Horizont aufgestellt und die entstandenen Zwischenräume zwischen denselben oben und seitwärts mit Brettflächen bedeckt, um sowohl die seitliche Erwärmung als auch diejenige von der hinteren Fläche der Kästen hintanzuhalten. Bei einer derartigen Vorrichtung konnten demnach die Sonnenstrahlen ihre Wirkung auf die verschieden exponirten Bodenflächen nur direkt ausüben. Hinsichtlich der Größenverhältnisse der Kästen, der Füllung derselben, sowie der Anbringung der Aspirationsröhre war dieselbe Anordnung wie in der vorigen Versuchsreihe getroffen worden.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Kohlensäure erfolgte nach der *v. Pettenkofer*'schen Methode[1]), in diesen wie in allen übrigen Versuchen. Die ermittelte Kohlensäuremenge wurde überall auf 1000 vol. Luft für eine Temperatur von 0° und einen Luftdruck von 760 mm berechnet.

1. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei verschiedener Neigung des Terrains gegen den Horizont.

Versuch I. (1880.) **Versuch II. (1881.)**

(Boden brach.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft			Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft		
	Neigung des Terrains				Neigung des Terrains		
	10°	20°	30°		10°	20°	30°
22. April	2,456	3,265	1,407	14. April	1,904	2,629	2,422
4. Mai	1,657	1,996	0,966	1. Mai	1,446	1,957	1,088
14. »	3,472	3,746	2,500	16. »	2,761	4,113	1,884
25. »	2,851	3,853	2,012	1. Juni	3,506	5,439	3,357
3. Juni	2,842	4,582	2,378	15. »	2,320	3,939	1,961
14. »	3,908	4,584	2,234	1. Juli	3,124	4,478	2,698
26. »	4,461	6,524	2,869	15. »	3,518	4,805	3,743
6. Juli	8,716	9,094	5,104	1. August	3,121	4,386	3,059
17. »	5,054	7,686	4,266	16. »	1,428	1,772	1,396
29. »	3,368	4,894	2,448	1. September	2,982	4,477	3,419
11. August	1,232	3,254	1,620	15. »	2,006	2,599	1,754
30. »	4,461	3,431	2,471	1. Oktober	2,389	2,658	1,977
14. September	1,752	3,105	1,418				
28. »	1,315	2,855	1,813				
Mittel:	**3,396**	**4,491**	**2,393**	Mittel:	**2,542**	**3,604**	**2,396**

Versuch III. (1882.)

(Boden brach.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft		
	Neigung des Terrains		
	10°	20°	30°
3. April	0,457	0,355	0,383
14. »	0,849	1,076	0,962
1. Mai	1,383	1,565	1,458
15. »	1,012	1,114	1,015
25. »	1,014	1,453	0,580
12. Juni	2,144	1,902	1,506
26. »	2,927	3,225	2,197
11. Juli	2,694	2,497	1,793
25. »	2,761	2,327	2,185
9. August	3,154	3,284	2,424
29. »	2,310	1,971	1,781
12. September	3,686	3,865	2,706
23. »	1,439	1,494	1,435
Mittel:	**1,987**	**2,010**	**1,571**

[1]) Diese Zeitschrift Bd. III. S. 5.

Digitized by Google

In Rücksicht auf die verhältnißmäßig schwache Kohlensäureentwickelung des Bodens in vorstehenden Versuchen sah sich Referent veranlaßt, den Boden in einem vierten Versuch mit leicht zersetzbaren organischen Substanzen zu versehen. Es wurden zu diesem Zweck Pferdeexkremente getrocknet und gepulvert und im Frühjahr in einer Menge von 600 gr pro Kasten durch Vermischen der Erde bei dem Einfüllen zugeführt. Außerdem wurden in diesem Versuch drei weitere Kästen, ebenfalls mit gedüngter Erde gefüllt, aufgestellt und mit Gras besäet.

Versuch IV. (1883.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft					
	Gras			Brach		
	Neigung des Terrains			Neigung des Terrains		
	10°	20°	30°	10°	20°	30°
2. April	2,319	2,485	2,118	2,293	2,566	2,566
15. »	2,707	2,872	2,819	3,043	3,264	2,327
7. Mai	8,139	8,897	7,587	8,549	8,623	8,158
21. »	1,252	1,339	0,946	1,538	1,605	1,535
4. Juni	5,671	5,133	4,030	5,747	6,046	6,335
21. »	8,912	10,000	8,871	10,848	10,881	10,529
3. Juli	1,518	1,941	1,756	4,039	4,573	4,039
20. »	5,235	4,332	3,431	7,709	5,929	4,050
4. August	4,773	5,110	3,816	2,411	2,748	2,186
27. »	1,477	1,654	1,123	3,532	4,016	2,991
12. September	0,971	1,091	0,686	1,484	1,889	1,368
Mittel:	**3,907**	**4,078**	**3,380**	**4,654**	**4,740**	**4,190**

Die mitgetheilten Versuche lassen deutlich erkennen, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei einer bestimmten Neigung des Terrains (20°) am größten ist, während er bei flacherer (10°) oder steilerer Lage (30°) abnimmt.

Die Ursachen dieser Erscheinung sind in den durch den verschiedenen Neigungsgrad der Flächen modificirten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens zu suchen. Bei einer anderen Gelegenheit hatte Ref. den Nachweis geführt[1]), daß unter den vorliegenden Verhältnissen der Boden innerhalb der gewählten Grenzen (0—30° Neigungswinkel) um so wärmer, andererseits aber um so trockener, je stärker das Terrain

[1]) Diese Zeitschrift Bd. IX. 1886. S. 1—70.

Digitized by Google

gegen den Horizont geneigt ist. Würde die Zersetzung der organischen Stoffe, welche die Kohlensäure liefert, nur von der Bodenwärme beherrscht sein, dann müßte der Gehalt der Bodenluft an freier Kohlensäure in dem Maße zunehmen, als die Hänge steiler sind. Da aber, wie früher gezeigt[1]), der Wassergehalt des Erdreichs gleichfalls für die Intensität des sogen. organischen Processes von Belang ist und zwar in der Weise, daß mit steigendem Wassergehalt bis zu einer bestimmten, in vorliegenden Fällen nicht überschrittenen Grenze die Kohlensäureproduktion zunimmt, so wird es erklärlich, weshalb die höhere Temperatur dem Boden der stark geneigten Hänge bezüglich der Kohlensäureentwickelung nicht zu Gute kommt; es mangelt hier die für die Zersetzung der humosen Bestandtheile nothwendige Feuchtigkeit. Bei flacher Lage ist zwar letztere in genügender Menge vorhanden, aber die Temperatur des Bodens ist eine vergleichsweise niedrige, so daß die Wirkung ersteren Faktors auf die Kohlensäureproduktion durch letzteren zum Theil wieder aufgehoben wird. Bei mittlerer Neigung des Terrains walten die für die Zersetzung der Humusstoffe günstigsten Bedingungen ob, — die Feuchtigkeit ist keine so hohe wie bei flacheren, aber auch keine so niedrige wie bei steileren Hängen, und die Temperatur zwar nicht so hoch wie bei letzteren, aber auch nicht so niedrig wie bei ersteren — so daß unter solchen Verhältnissen sich die größten Kohlensäuremengen entwickeln können.

Für die Richtigkeit vorstehender Erklärung der obigen Versuchsergebnisse spricht übrigens ein früher mitgetheilter Versuch[2]), in welchem verschiedene Feuchtigkeitsmengen dem Boden künstlich zugeführt wurden und letzterer in entgegengesetzter Richtung verschieden hohen Temperaturen ausgesetzt wurde. Die Kohlensäurebestimmungen lieferten folgendes Resultat:

	Bodentemperatur				
	10 °C.	20 °C.	30 °C.	40 °C.	50 °C.
	Wassergehalt des Bodens:				
Kohlensäure	46,8 %	36,8 %	26,8 %	16,8 %	6,8 %
in der Bodenluft:	**33,18**	**61,27**	**73,23**	**66,83**	**14,42.**

Die Wirkung zweier für die Oxydation des Kohlenstoffs wichtiger, in der Natur sehr häufig in entgegengesetzter Richtung wirkender Faktoren

[1]) Diese Zeitschrift Bd. IV. 1881. S. 11.
[2]) Ebenda S. 16.

Digitized by Google

(Wärme und Wasser) wird durch diese wie durch die obigen Versuchsergebnisse in anschaulichster Weise dargethan, denn es geht aus dem Mitgetheilten das für die Zersetzungsprocesse der organischen Stoffe wichtige Gesetz hervor, daß die Kohlensäureentwickelung im Boden caeteris paribus von demjenigen Faktor beherrscht wird, welcher im Minimum vorhanden ist. Da dieses Gesetz auch für das Wachsthum der höheren grünen Gewächse Giltigkeit hat, welche sich, wie hier im Voraus bemerkt sein mag, auf den verschieden stark geneigten Flächen im Allgemeinen bei mittlerer Neigung am besten entwickeln, so ergiebt sich weiters eine überraschende Uebereinstimmung zwischen den Erscheinungen der auf dem Boden angebauten Gewäsche und dem Verlauf der in dem Boden vor sich gehenden Oxydationsvorgänge bei der Zersetzung der organischen Stoffe. Es kann dies nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, daß letztere Processe fast ausschließlich an den Lebensproceß niederer Organismen geknüpft sind[1]).

2. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei verschiedener Neigung des Terrains gegen die Himmelsrichtung.

Versuch I. (1880.) **Versuch II. (1881.)**

(Boden brach.)

Neigung gegen den Horizont: 18°.

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft				Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft			
	Exposition des Bodens					Exposition des Bodens			
	S	O	W	N		S	O	W	N
22. April	0,902	1,145	0,799	1,589	14. April	2,063	1,802	2,639	2,450
4. Mai	0,792	0,969	0,971	1,197	1. Mai	1,883	1,967	1,384	1,385
14. »	1,932	1,489	1,891	1,770	16. »	1,861	2,127	2,253	2,665
25. »	2,224	2,388	1,918	2,975	1. Juni	4,604	4,222	4,454	4,388
3. Juni	3,068	1,991	3,014	1,299	15. »	3,699	3,732	3,394	3,100
14. »	2,033	1,754	1,919	1,351	1. Juli	3,571	3,727	3,271	4,005
26. »	3,993	4,093	4,041	3,098	15. »	3,669	3,413	3,255	3,929
6. Juli	7,461	6,243	4,997	3,905	1. August	3,884	3,670	3,803	3,821
17. »	5,548	3,288	3,113	3,674	16. »	2,219	1,939	1,852	2,381
29. »	2,499	2,749	2,400	2,374	1. September	4,318	3,826	3,443	3,921
11. August	1,305	2,165	1,309	1,018	15. »	2,072	2,143	2,422	2,488
30. »	1,741	2,013	2,624	2,452	1. Oktober	1,889	1,874	1,756	2,607
14. September	1,665	0,862	1,901	1,939					
27. »	1,372	1,376	1,167	1,773					
Mittel:	2,609	2,323	2,290	2,172	Mittel:	2,978	2,870	2,827	3,095

[1]) *E. Wollny.* Ueber die Thätigkeit niederer Organismen im Boden. Braunschweig 1885. Vieweg & Sohn. Ferner Deutsche landw. Presse 1883. Nr. 47.

Digitized by Google

Versuch III. (1882.)

(Boden brach.)

Neigung gegen den Horizont: 30°.

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft			
	Exposition des Bodens			
	S	O	W	N
3. April	0,946	1,021	0,666	0,664
14. »	1,011	1,096	1,290	0,820
1. Mai	1,397	1,223	1,338	0,997
15. »	1,393	1,116	0,901	1,258
25. »	1,617	1,615	1,367	1,367
12. Juni	1,694	1,623	1,477	1,584
26. »	3,817	2,907	3,135	2,652
11. Juli	2,373	2,056	2,158	2,869
25. »	2,456	2,061	2,924	2,454
9. August	3,181	2,644	3,451	2,561
29. »	2,108	1,847	1,893	1,891
14. September	1,637	1,582	1,018	1,146
23. »	1,644	1,358	1,573	1,293
Mittel:	**1,944**	**1,704**	**1,784**	**1,658**

In dem folgenden Versuch wurden die 2 qm großen Flächen mit je 20 ℔ frischem zerkleinerten und gut gemischten Kuhdünger gedüngt und vier weitere mit derselben Bodenart gefüllte und ebenso gedüngte Kästen aufgestellt. Letztere wurden mit Grassamen besäet.

Versuch IV. (1883.)

Neigung gegen den Horizont: 30°.

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft							
	Gras				Brach			
	Exposition des Bodens				Exposition des Bodens			
	S	O	W	N	S	O	W	N
12. April	2,179	2,109	2,316	2,381	3,236	3,096	3,776	3,372
25. »	2,785	2,649	2,165	2,513	4,076	4,622	3,670	3,126
8. Mai	5,885	5,494	6,426	6,029	9,704	8,228	8,660	6,916
21. »	2,381	2,379	1,741	1,940	3,279	3,344	3,131	2,841
4. Juni	8,631	8,843	9,372	4,236	9,077	8,977	8,388	6,111
22. »	9,947	8,948	7,816	6,478	12,600	14,752	7,860	12,163
2. Juli	6,047	5,893	5,793	5,531	9,283	6,646	8,941	6,942
20. »	5,280	5,555	7,097	6,756	9,957	11,407	9,699	11,665
3. August	8,310	7,977	7,439	8,743	10,962	9,298	9,564	5,396
27. »	5,132	5,616	5,526	5,780	8,242	6,661	5,251	4,888
11. September	4,398	3,633	5,071	4,573	6,702	4,176	6,142	5,588
Mittel:	**5,543**	**5,372**	**5,524**	**4,996**	**7,920**	**7,382**	**6,826**	**6,273**

Digitized by Google

Diese Zahlen weisen verhältnißmäßig nur geringe Unterschiede auf, lassen jedoch abgesehen von den, in den Einzelbeobachtungen hervortretenden Unregelmäßigkeiten doch erkennen, daß die Bodenluft der Südhänge im Durchschnitt am reichsten, diejenige der Nordabdachungen am ärmsten an freier Kohlensäure ist, während der Kohlensäuregehalt der Bodenluft der Ost- und Westseiten in der Mitte steht.

In Betracht der ziemlich bedeutenden Unterschiede, welche in dem Feuchtigkeitsgehalt und in der Erwärmung gegen die Himmelsrichtung verschieden geneigter Bodenflächen bestehen [1]), muß es auffallen, daß in den mitgetheilten Versuchen die Differenzen in den Kohlensäuremengen der Bodenluft nicht prägnanter hervorgetreten sind. Dies mag zum Theil darauf beruhen, daß die Luftprobe nur aus geringen Tiefen des Bodens (20 cm), aus welchen die Luft leicht in die Atmosphäre diffundirt, entnommen wurde. Im Uebrigen ist aber die Ursache fraglicher Erscheinung in dem Umstande zu suchen, daß die beiden für die Zersetzung der organischen Stoffe maßgebendsten Faktoren (Wärme und Wasser) in den verschieden exponirten Böden sich zum Theil in ihrer Wirkung aufheben. Die Südhänge besitzen den wärmsten aber zugleich trockensten, die Nordseiten den kältesten aber feuchtesten Boden. In der Mehrzahl der Fälle wird die stärkere Erwärmung der Südseite zu einer ergiebigeren Kohlensäureentwickelung nur wenig oder nichts beitragen können, weil die hierzu erforderliche Feuchtigkeit mangelt. In dem Boden der Nordseite andererseits wird der Zersetzung der humosen Bestandtheile zwar durch den höheren Wassergehalt Vorschub geleistet, allein der vollen Wirkung dieses Faktors steht die verhältnißmäßig niedrige Temperatur des Erdreiches entgegen. Auf diese Weise wird es erklärlich, warum die Unterschiede in dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft relativ gering ausfielen.

Geht man auf die Einzelbeobachtungen näher ein, dann zeigt sich, daß die Witterung auf das Vorwiegen eines der beiden in Rede stehenden Faktoren von entschiedenem Einfluß ist. Besonders charakteristisch in dieser Beziehung sind die Ergebnisse der Versuche im Jahre 1881. Die Witterung war, wie die diesbezüglichen Tabellen am Schlusse dieser Abhandlung zeigen, während der Vegetationszeit ziemlich trocken, weshalb

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 263 und Bd. VI. 1883. S. 377.

Digitized by Google

auf den Südseiten die Wirkung der Wärme auf die Kohlensäureproduktion in Folge mangelnder Feuchtigkeit mehr oder weniger aufgehoben wurde, derart, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft unter denjenigen der feuchteren Nordseite herabging. Nur in einzelnen Fällen, nämlich wenn durch größere Niederschläge der Boden gut durchfeuchtet worden war, so z. B. am 1. u. 15. Juni, 1. September, machte sich die vergleichsweise stärkere Erwärmung der Südhänge durch vermehrte Kohlensäureproduktion bemerklich. Analoge Fälle lassen sich auch in den übrigen Versuchen wahrnehmen, wenn man deren Ergebnisse mit den Witterungsbeobachtungen vergleicht. Es folgt daraus, daß das Maximum des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft verschieden exponirter Hänge in längeren oder kürzeren Perioden Verschiebungen erfährt: bei Trockenheit ist der Boden der Nordhänge vielfach reicher an freier Kohlensäure, als der der Südhänge, ist dagegen der Boden durch vorgehende Niederschläge gut durchfeuchtet, so findet das Umgekehrte statt.

Wenn hier nur die Nord- und Südseiten der Hänge in Betracht gezogen wurden, so geschah dies, weil diese am meisten in der Erwärmung und in den Feuchtigkeitsverhältnissen von einander abweichen und daher auch die Wirkung der in Betracht kommenden Faktoren am besten erkennen lassen. Es kann daher auch unterlassen werden, diese Betrachtungen auf die Ost- und Westseiten auszudehnen, weil die hier bestehenden Verhältnisse sich nach dem Gesagten von selbst ergeben, wenn man dabei die Thatsache in Betracht zieht, daß diese Hänge in allen Beziehungen in der Mitte zwischen den vorerwähnten stehen.

Obwohl durch die vorstehenden Darlegungen im Wesentlichen eine Erklärung für die mitgetheilten Ergebnisse gefunden sein dürfte, so lassen sich doch nicht alle Resultate auf die geschilderten Ursachen zurückführen. Die hervorgetretenen Unregelmäßigkeiten sind sehr wahrscheinlich den wechselvollen Wirkungen der Winde zuzuschreiben. Letztere veranlassen, wenn sie mehr horizontal über die Flächen streichen, ein stärkeres Hervortreten der Kohlensäure aus dem Boden[1]), bei rechtwinkligem Anfall ein Ansteigen des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft. Durch Einflüsse solcher Art können

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 299.

Digitized by Google

wie begreiflich die Wirkungen von Wärme und Feuchtigkeit leicht aufgehoben und dadurch mancherlei Abweichungen von den regelmäßigen Erscheinungen hervorgerufen werden.

B. Der Einfluß der Farbe des Bodens auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Bei einer anderen Gelegenheit[1]) wurde von dem Referenten nachgewiesen, daß die Erwärmung des Erdreiches bei dunkler Färbung der Oberfläche durchschnittlich eine höhere sei, als bei heller. Es lag daher die Vermuthung nahe, daß die Farbe des Bodens auf die Kohlensäureentwickelung in demselben von Einfluß sein und daß letztere durch dunkle Färbung der Oberfläche gefördert sein werde. Um dies nachzuweisen, wurde feuchter humoser Kalksandboden in zwei aus Zinkblech hergestellte 0,5 m hohe Cylinder von 0,1 qm Querschnitt so gleichmäßig als nur irgend möglich gefüllt. Jedes Gefäß enthielt 1,20 Ctr. Erde. Jeder Cylinder war am Boden mit einer schräg nach außen laufenden, 30 cm langen Blechröhre versehen, welche durch einen Kautschukpfropfen geschlossen erhalten wurde und die den Zweck hatte, das bei größeren atmosphärischen Niederschlägen in der Tiefe sich ansammelnde Wasser gelegentlich ablassen zu können.

Die beiden Cylinder wurden in einen aus sehr starken Brettern angefertigten, 0,5 m hohen, im Freien befindlichen Holzkasten gestellt. Die Entfernung der Blechgefäße von der inneren Wand des letzteren sowie von einander betrug 30 cm. Der gebildete Zwischenraum wurde bis zum Rand des Kastens resp. der Cylinder mit Erde gefüllt, um die seitliche Erwärmung des Versuchsbodens thunlichst hintanzuhalten. Die zur Abfuhr des überschüssigen Wassers bestimmte Röhre mündete, durch einen Schlitz geführt, außerhalb der Kastenwand.

Nach dem Einfüllen wurde die Bodenoberfläche in dem einen Cylinder mit grobem Steinkohlenpulver schwarz, in dem anderen mit Marmorpulver von gleicher Korngröße weiß gefärbt. Die durch eine, in der Mitte der Gefäße 25 cm tief eingesenkte eiserne Röhre aspirirte Luft zeigte folgenden Kohlensäuregehalt:

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 43 u. Bd. IV. 1881. S. 327.

Digitized by Google

		Schwarze Bodenoberfläche.	Weiße Bodenoberfläche.
10. Mai	1884	3,144	3,367
19. „	„	2,917	3,259
27. „	„	1,052	1,056
18. Juni	„	1,379	1,048
30. „	„	2,679	3,528
8. Juli	„	1,917	4,468
	Mittel:	**2,181**	**2,788.**

Demnach war der dunkel gefärbte Boden ärmer an Kohlensäure als der von heller Farbe.

Dieses Resultat steht im Widerspruch zu der gemachten Voraussetzung, läßt sich aber dadurch erklären, daß der Boden bei dunkler Färbung mehr Wasser verdunstet[1]) und deshalb von der für die Zersetzung der organischen Stoffe nothwendigen Feuchtigkeit geringere Mengen enthält, als der hell gefärbte Boden. Dieses Letztere weisen deutlich folgende Zahlen nach:

		Wassergehalt des Bodens.			
		I[2])		II[3])	
		Schwarze Bodenoberfläche	Weiße Bodenoberfläche.	Schwarze Bodenoberfläche.	Weiße Bodenoberfläche.
		%	%	%	%
28. Mai	1884	14,86	16,87	14,51	15,62
28. Juni	„	17,09	18,44	18,76	19,03
4. Juli	„	13,28	13,68	14,26	15,83
10. „	„	16,31	16,84	14,52	15,09
16. „	„	10,68	11,47	10,22	13,61
1. August	„	15,27	19,07	18,35	18,35
11. „	„	14,32	15,33	11,39	14,89
23. „	„	17,52	17,62	15,93	15,41
2. September	„	19,16	20,29	18,86	17,81
	Mittel:	**15,39**	**16,62**	**15,20**	**16,18.**

Wenn man nun berücksichtigt, daß die Witterung[4]) während der Dauer obiger Versuche im Durchschnitt sehr trocken war, so wird man

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 53—56.
[2]) Mit Kartoffeln bestellt. [3]) Mit Mais bestellt.
[4]) Vergl. die Tabellen am Schluß.

Digitized by Google

die Ursachen der hervorgetretenen Erscheinungen, angesichts der durch vorstehende Zahlen nachgewiesenen stärkeren Austrocknung des dunkel gegenüber dem hell gefärbten Boden, in ungezwungener Weise auf die bezüglichen Differenzen im Wassergehalt der Böden zurückführen können. Daß bei feuchter Beschaffenheit des Erdreichs die vergleichsweise stärkere Erwärmung der Kohlensäureproduktion förderlich ist, zeigt der Versuch vom 18. Juni, der nach ergiebigen Regen angestellt wurde, mit voller Deutlichkeit. Es wird hieraus geschlossen werden dürfen, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft nur bei trockener Witterung in dem dunkel gefärbten Boden niedriger ist als in dem hellen, daß aber das Umgekehrte stattfindet, wenn durch ausreichende Niederschläge ein Ausgleich in der Bodenfeuchtigkeit des verschieden gefärbten Erdreiches eingetreten ist.

C. Der Einfluß der Behäufelung des Bodens auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Auf einem Kartoffel- und einem Maisfelde wurden bis auf 20 cm Tiefe zwischen je zwei Pflanzen eiserne Röhren in den Boden versenkt und durch diese die Bodenluft zur Untersuchung entnommen. Die behäufelten Pflanzenreihen lagen dicht neben den nicht behäufelten. Die Kartoffeln waren in Abständen von 60 : 60, der Mais in solchen von 50 : 50 cm kultivirt worden. Die Kohlensäurebestimmungen lieferten folgendes Resultat:

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft			
	Kartoffeln		Mais	
	Behäufelt	Nicht behäufelt	Behäufelt	Nicht behäufelt
8. Juli 1882	3,441	5,640	6,439	8,886
15. » »	4,251	6,858	7,795	8,241
10. August 1882	3,477	4,986	5,762	6,453
30. » »	2,825	4,308	3,023	4,227
12. September 1882	—	»	3,294	5,326
25. » »	—	»	3,052	3,464
Mittel:	**3,498**	**5,448**	**4,894**	**6,096**

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Bodenluft in den Behäufelungsdämmen ärmer an Kohlensäure ist, als im ebenen Lande.

Digitized by Google

In den Behäufelungsdämmen werden die Zersetzungsprocesse, mit wenigen Ausnahmen, intensiver von Statten gehen, als im ebenen Lande, einerseits weil sie für Luft leichter durchdringbar sind, andererseits wegen der stärkeren Erwärmung im Vergleich zu letzterem[1]). Unter Umständen wird allerdings die größere Austrocknung des Erdreiches in den Dämmen die Wirkungen jener beiden Faktoren hemmen, in gewissen Fällen sogar derart herabsetzen, daß die Kohlensäureproduktion in der Ebene eine ergiebigere wird als in den Dämmen; im vorliegenden Falle ist aber eine derartige Annahme insofern ungerechtfertigt, als die Witterung während der Dauer der Versuche eine feuchte war, die Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit daher nicht sehr bedeutend sein konnten, und die vergleichsweise höhere Temperatur und reichlichere Sauerstoffzufuhr bei den Dämmen zur vollen Wirkung gelangen mußte. Die in letzteren in größeren Mengen als im ebenen Lande entwickelte Kohlensäure wird jedoch, weil die Winde wegen der porösen Beschaffenheit des Landes und der großen sich darbietenden Oberflächen den Boden leicht durchdringen, zu einem mehr oder weniger großen Theil ausgewaschen oder tritt aus gleicher Veranlassung durch Diffusion an die Atmosphäre über. Der Unterschied zwischen den Dämmen und der Ebene in den vorerwähnten Beziehungen besteht also darin, daß erstere im Allgemeinen mehr Kohlensäure produciren, aber von derselben unter dem Einfluß der Winde und der Diffusion ungleich größere Mengen an die Atmosphäre abgeben als letztere.

Ist diese Erklärung für die ermittelten Resultate richtig, wogegen wohl ein Zweifel nicht erhoben werden dürfte, so liefern die mitgetheilten Versuche neuerdings einen Beweis dafür, daß der Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure keinen Maßstab für die Intensität des Zersetzungsprocesses der organischen Substanzen abgiebt.

D. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in verschiedenen Bodenarten.

In vorliegenden Versuchen sollte ausschließlich der Einfluß der physikalischen Beschaffenheit des Bodens auf die in demselben auftretenden Kohlensäuremengen ermittelt werden. Hierdurch war die Wahl der Bodenarten insofern beschränkt, als nur solche in Betracht kommen konnten, welche frei von allen organischen Stoffen waren. Es standen in dieser Beziehung

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 117.

Digitized by Google

zwei Erdarten zur Verfügung, nämlich Lehm (Ziegellehm von Berg am Laim bei München) und Quarzsand (von Nürnberg). Beide Böden waren als humusfrei zu erachten und enthielten keinerlei Pflanzenreste.

Nach der mechanischen Analyse zeigten diese Bodenarten folgende Zusammensetzung:

	Maschenweite der Siebe (mm).	Lehm.	Maschenweite der Siebe (mm).	Quarzsand.
I. Grobkies	6,75	—	5,00	—
II. Mittelkies	4,00	0,14	2,50	0,15
III. Feinkies	2,50	0,30	1,00	6,45
IV. Grobsand	0,74	1,93	0,50	40,40
V. Mittelsand	0,30	4,18	0,25	42,15
VI. Feinsand	—	59,33	—	9,74
VII. Abschlämmbare Theile	—	34,12	—	1,11

Die in ihrer physikalischen Beschaffenheit wesentlich von einander verschiedenen Böden[1]) wurden für sich und in Gemischen, die dem Volumen nach hergestellt waren, verwendet. Nach Vermischung derselben mit feinem getrockneten Pferdedüngerpulver wurden sie lufttrocken in Blechcylinder von 25 cm Durchmesser und 35 cm Höhe fest eingefüllt. Im Uebrigen war die Versuchsanordnung dieselbe wie die in Versuch B gewählte. In jedem Gefäß enthielt der Boden die gleiche Menge Düngerpulver (180 gr).

Die Verbringung der Apparate in's Freie erfolgte bereits im Winter, damit der Boden sich bis zum Beginn der Versuche entsprechend seiner physikalischen Beschaffenheit bis zum Grunde mit Wasser durchfeuchten konnte. Nach Beendigung der Versuche im Herbst 1882 blieben die Gefäße den Winter über im Freien stehen und wurden, ohne daß sie umgefüllt wurden, zu den Versuchen des folgenden Jahres verwendet.

Die aus einer Tiefe von 25 cm entnommenen Luftproben zeigten folgenden Gehalt an Kohlensäure:

---

[1]) Der Lehm war durch Zerreiben und Sieben in ein Pulver von 0,0—0,25 mm verwandelt worden.

Digitized by Google

Versuch I. (1882.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft				
	Lehm	3/4 Lehm 1/4 Sand	1/2 Lehm 1/2 Sand	1/4 Lehm 3/4 Sand	Sand
4. April	1,728	2,894	6,781	9,375	7,593
15. »	1,011	6,074	10,449	14,861	10,876
1. Mai	5,219	5,699	10,972	13,556	9,463
17. »	6,070	6,570	12,133	7,896	4,833
27. »	10,716	11,935	17,394	13,594	8,749
10. Juni	9,845	14,251	28,821	26,049	17,765
28. »	9,237	12,441	20,375	12,937	5,760
11. Juli	12,117	14,132	30,153	12,686	4,749
25. »	11,033	10,317	17,008	17,769	12,622
9. August	5,194	7,573	16,196	10,191	3,329
29. »	5,049	7,387	13,067	7,891	3,311
14. September	4,483	6,114	16,215	5,044	2,609
25. »	2,200	2,334	15,532	3,386	1,824
Mittel:	**6,454**	**8,286**	**16,546**	**11,941**	**7,191**

Versuch II. (1883.)

9. April	1,558	1,719	1,397	1,235	0,806
23. »	2,391	2,525	1,978	1,431	1,022
7. Mai	4,424	2,630	1,908	1,569	0,841
23. »	4,949	3,894	2,705	2,963	2,054
4. Juni	3,923	2,998	2,349	1,998	1,781
19. »	2,354	2,839	2,385	2,562	2,147
5. Juli	5,746	4,559	3,906	3,699	2,501
17. »	2,266	2,990	3,000	2,099	0,938
2. August	4,629	3,466	2,766	2,441	1,419
29. »	6,217	4,244	2,384	2,383	1,219
10. September	3,241	3,079	1,320	1,319	1,211
Mittel:	**3,791**	**3,177**	**2,373**	**2,132**	**1,449**

Abgesehen von Nebenumständen lassen diese Zahlen deutlich erkennen, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei gleichen Mengen organischer Stoffe um so größer ist, je feinkörniger der Boden.

Dieses Resultat steht in voller Uebereinstimmung mit demjenigen der früheren Versuche[1]), in welchen Sand von verschiedener Größe verwendet wurde. Dasselbe muß insofern überraschen, als nach den in der Praxis gemachten Erfahrungen und nach verschiedenen Versuchen in dem Lehm resp. in dessen Gemischen mit Sand die organischen Stoffe einer langsameren Zersetzung unterliegen als in dem Sande, und zwar wegen vergleichsweiser geringerer Permeabilität für Luft und niedrigerer

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 18.

Digitized by Google

Temperatur. So fand z. B. *Fleck*[1]), daß der Stallmist und ähnliche Substanzen, Thierleichen u. s. w. in gut durchlüftetem Boden (Sand, Kies) viel schneller verwesen, als in für Luft schwer zugänglichen Böden (Lehm, Thon). Wenn dennoch der grobkörnige Boden weniger freie Kohlensäure enthält als der feinkörnige, so kann dies nur darauf beruhen, daß ersterer dem durch Luftbewegungen und Diffusion hervorgerufenen Austritt des Gases an die Atmosphäre einen geringeren Widerstand entgegensetzt, als letzterer. Die Kohlensäure tritt in um so größeren Mengen in die Atmosphäre über, je grobkörniger der Boden ist. Aus diesem Grunde kann ein für Luft leicht zugänglicher und sich stark erwärmender Boden trotz der hierdurch bewirkten intensiveren Zersetzung der organischen Substanzen ärmer an Kohlensäure sein, als ein Boden, in welchem der Zerfall der organischen Stoffe wegen geringer Permeabilität und niederer Temperatur nur langsam von Statten geht.

In dem Versuche vom Jahre 1882 wurde das Maximum des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft in dem aus $^1/_2$ Lehm und $^1/_2$ Sand hergestellten Gemisch gefunden, während die Gasmenge nach beiden Seiten hin, d. h. mit zunehmendem Sand- resp. Lehmgehalt abnahm. Eine Erklärung hierfür wird in dem Umstande gefunden werden dürfen, daß der Boden in diesem Jahre noch in gewissem Grade locker war und in dem zur Hälfte aus Lehm und Sand hergestellten Gemisch die Bedingungen für die Zersetzung der organischen Substanzen sich hinsichtlich der Permeabilität, Feuchtigkeit und Wärme günstiger gestalten, als bei dem Gemenge aus $^3/_4$ Lehm und $^1/_4$ Sand resp. Lehm und ohne daß, wie bei dem Gemisch aus $^3/_4$ Sand und $^1/_4$ Lehm oder dem Sande, ein ergiebiger Austritt des Gases an die Atmosphäre stattfinden konnte.

E. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in verschiedenen Tiefen.

Durch eine Reihe von Untersuchungen[2]) war die Thatsache zu Tage gefördert worden, daß der Kohlensäuregehalt von der Oberfläche des

[1]) *H. Fleck.* III. bis V. Jahresbericht der Chemischen Centralstelle in Dresden. 1874 bis 1876.

[2]) *v. Pettenkofer.* Zeitschrift f. Biologie. Bd. VII. S. 395. Bd. IX. S. 250. — *H. Fleck.* Ebenda. Bd. IX. S. 254. — *G. Wolffhügel.* Ebenda. Bd. XV. S. 98. — *J. v. Fodor.* Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. VII. S. 205 u. Hygienische Unters. über Luft, Boden u. Wasser. Braunschweig. 1881. — *C. Salger.* Bodenunters. mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Ventilation auf die Kohlensäuremenge im Boden. Inaug.-Dissert. Erlangen. 1880. —

Digitized by Google

Bodens nach der Tiefe hin zunimmt. Die Versuche des Referenten lieferten ein analoges Resultat. Dieselben wurden in der Weise ausgeführt, daß zunächst in einem 1 m hohen Holzkasten von 2 qm Querschnitt, der in die Erde versenkt war, grobkörniger Torf von Schleißheim bei München gefüllt wurde. Letzterer ruhte auf dem aus Kalksteingeröll bestehenden Untergrunde auf. Die Bodenluft wurde vermittelst eiserner Röhren, welche in der Mitte des Kastens in Abständen von 50 cm angebracht waren, aus einer Tiefe von 30 resp. 60, 100 und 120 cm entnommen. Die drei ersteren Röhren befanden sich demnach mit ihrer unteren Oeffnung im Torf, die letztere im Untergrunde. Der Torf war 6 Jahre vor Anstellung der Versuche eingefüllt worden und hatte sich in der Zwischenzeit fest zusammengelagert.

Die Untersuchungen der Bodenluft führten zu folgenden Ergebnissen:

Versuch I. (1882.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft in einer Tiefe von			
	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
1. April	4,827	7,247	7,391	7,082
14. »	5,497	8,406	8,972	7,521
2. Mai	7,281	10,954	10,602	8,531
15. »	8,655	14,507	14,421	12,698
25. »	8,850	14,366	14,732	13,513
10. Juni	14,348	22,613	24,976	16,714
26. »	14,304	21,268	22,766	21,596
12. Juli	15,962	24,561	25,775	21,826
26. »	19,197	28,973	29,186	25,609
9. August	15,631	23,813	27,034	23,129
30. »	12,561	22,443	23,749	19,302
12. September	17,343	27,133	29,818	29,965
23. »	12,858	22,022	23,261	18,582
Mittel:	12,101	19,100	20,206	17,389

Versuch II. (1883.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft in einer Tiefe von			
	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
11. April	6,586	9,274	9,946	8,333
23. »	8,463	11,714	13,146	12,274
8. Mai	14,566	19,115	19,756	16,659
23. »	11,728	18,827	19,495	16,430
2. Juni	21,082	22,544	23,005	23,765
21. »	31,664	35,649	34,929	28,841
4. Juli	16,923	29,877	33,329	34,019
17. »	19,450	31,813	32,458	27,103
2. August	21,127	32,838	34,352	29,093
Mittel:	16,621	23,517	24,496	21,835

Im Allgemeinen läßt sich aus diesen Zahlen folgern, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft mit der Tieflage der Bodenschicht zunimmt.

Nur in der tiefsten Schicht zeigte sich durchwegs ein geringerer Kohlensäuregehalt als in den darüberliegenden, eine Erscheinung, die darauf zurückzuführen ist, daß der Untergrund, aus welchem jene Luftproben entnommen wurden, sehr arm an organischen Stoffen ist.

Eür die Abnahme der Kohlensäure in einem im Uebrigen homogenen

Digitized by Google

Bodenmaterial von unten nach oben spricht der Umstand, daß das Gas um so leichter an die Atmosphäre übertreten kann, je näher die Schichten zu der Erdoberfläche liegen, denn in demselben Maße nehmen die Widerstände ab, welche sich der Aufwärtsbewegung desselben entgegenstellen.

F. Der Einfluß der Schichtung des Bodens auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Um festzustellen, in welcher Weise die einzelnen Schichten eines Bodens von verschiedenem Gehalt an humosen Bestandtheilen in Bezug auf die in ihnen auftretenden Mengen von freier Kohlensäure sich gegenseitig zu beeinflussen vermögen, wurden die in Versuch B näher beschriebenen Blechcylinder in folgender Weise gefüllt:

Höhe der Schicht	Lage der Schicht	1.	2.	3.	4.
25 cm	oben	Quarzsand	Lehm	Quarzsand	Lehm
25 cm	unten	Humoser Kalksand	Humoser Kalksand	Humoser Kalksand gedüngt[1])	Humoser Kalksand gedüngt[1])
		5.	6.	7.	8.
25 cm	oben	Humoser Kalksand	Humoser Kalksand	Humoser Kalksand gedüngt[1])	Humoser Kalksand gedüngt[1])
25 cm	unten	Quarzsand	Lehm	Quarzsand	Lehm

Die zur Entnahme der Luftproben bestimmten eisernen Röhren wurden auf 12,5 cm (a) und 37,5 cm Tiefe (b) eingesenkt, so daß also die Luft aus der Mitte einer jeden Bodenschicht untersucht wurde.

Die Daten für den Kohlensäuregehalt der Bodenluft sind in folgenden Tabellen zusammengestellt: **(1883.)**

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft							
	1 a	2 a	3 a	4 a	1 b	2 b	3 b	4 b
	In einer Tiefe von 12,5 cm				In einer Tiefe von 37,5 cm			
10. April	1,208	1,273	5,344	3,357	2,002	1,461	7,358	6,600
24. »	1,019	1,358	7,425	5,719	1,645	1,576	12,544	11,584
9. Mai	1,734	1,504	10,919	10,274	3,795	3,298	22,103	21,557
22. »	1,396	2,294	6,782	8,465	2,492	1,997	16,195	10,811
1. Juni	2,283	3,086	16,566	25,591	5,163	4,212	35,079	32,951
18. »	2,833	2,221	14,328	22,764	5,263	4,044	37,811	29,325
5. Juli	3,451	4,901	8,924	10,627	9,175	8,544	36,943	21,034
16. »	3,447	2,849	10,522	7,853	6,308	4,544	25,992	14,390
30. »	1,494	2,644	3,966	5,439	2,887	2,093	16,260	13,388
29. August	2,283	2,279	4,328	5,127	5,460	6,021	16,881	14,214
Mittel:	2,115	2,441	8,910	10,522	4,419	3,779	2,717	17,585

[1]) Gedüngt pro Gefäß mit 500 g Pferdedüngerpulver.

Digitized by Google

1883.

Datum	5 a	6 a	7 a	8 a	5 b	6 b	7 b	8 b
	In einer Tiefe von 12,5 cm				In einer Tiefe von 37,5 cm			
10. April	0,744	0,691	1,862	1,649	0,859	0,594	2,452	2,054
24. »	0,848	1,016	4,018	4,528	1,206	0,751	4,323	3,912
9. Mai	1,388	1,502	7,498	7,751	1,794	1,791	7,923	7,411
22. »	1,514	1,348	5,423	6,205	1,101	1,053	4,239	3,743
1. Juni	2,849	2,994	25,105	24,683	2,429	1,972	28,510	17,988
18. »	1,888	2,221	19,910	18,416	1,829	2,050	15,562	11,559
5. Juli	2,862	3,028	7,328	8,819	2,877	3,049	8,531	5,627
16. »	1,446	1,725	4,566	3,283	1,493	1,714	6,691	3,428
30. »	1,818	3,452	2,303	2,694	1,583	1,244	4,241	2,092
29. August	1,369	1,483	2,464	3,474	1,581	1,820	5,220	3,294
Mittel:	**1,673.**	**1,946**	**8,048**	**8,150**	**1,675**	**1,604**	**8,769**	**6,11**

Vorstehende Zahlen lassen in mehrfacher Beziehung eine gegenseitige Beeinflussung der Bodenschichten in Bezug auf deren Gehalt an freier Kohlensäure erkennen. Betrachtet man die Beobachtungen 1a — 4a, so wird sofort klar, daß der humusfreie Quarzsand (1. 3.) und Lehm (1. 4.) durch die in der tieferen humusreichen Schicht (humoser Kalksand) in größeren Mengen sich entwickelnde Kohlensäure bereichert werden, und zwar durch die mit Pferdedünger versehene Schicht (3a. 4a) beträchtlich mehr als durch die ungedüngte (1a. 2a). Man sieht ferner, daß die von der Tiefe aufsteigende Kohlensäure in dem oben befindlichen Lehm (2a. 4a) in größeren Mengen zurückgehalten wird als in dem Quarzsand (1a. 3a) bei derselben Lage. Die Versuche 1b—4b lehren, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in den humosen Schichten geringer ist, wenn die Deckschicht aus Quarzsand (1b. 3b) besteht, als wenn dieselbe aus Lehm (2b. 4b) gebildet ist, wohl deshalb, weil im ersteren Fall die für die Zersetzung der organischen Stoffe im Untergrunde nothwendige Luftzufuhr ergiebiger ist als im letzteren.

Betrachtet man die Ergebnisse jener Versuche, in welchen die humusfreien Bodenarten (Lehm und Quarzsand) den Untergrund, die humusreichen und überdies mit organischen Stoffen (Pferdedünger) bereicherten Erden die Oberkrume bilden, so sieht man zunächst keine Wirkung des Untergrundes auf den Kohlensäuregehalt der oberen Bodenschichten hervortreten. Der Boden enthielt im ungedüngten (5a. 6a) wie im gedüngten (7a. 8a) dieselben Mengen von freier Kohlensäure, gleichviel

Digitized by Google

ob der Untergrund aus Quarzsand oder Lehm bestand. Es wird dies erklärlich, wenn man bedenkt, daß der Abfluß des überschüssigen Wassers bei der getroffenen Versuchsanordnung nicht gehindert war und deshalb die verschiedenen Untergrundschichten keinen von einander abweichenden Einfluß auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Oberkrume auszuüben vermochten. Dagegen zeigte sich deutlich, daß diese wegen Mangel an organischen Stoffen nur sehr geringe Kohlensäuremengen producirenden Böden durch die kohlensäurehaltigeren oberen Erdschichten bereichert wurden und zwar um so mehr, je ergiebiger die Gasentwickelung in letzteren Bodenparthien war (5b. 6b zu 7b. 8b). Man nimmt ferner wahr, daß der Sand (5b. 7b) hierbei mehr profitirte als der Lehm (6b. 8b). Diese Ergebnisse machen es wahrscheinlich, daß die in gewissen, besonders an organischen Stoffen reichen Bodenparthien sich in größeren Mengen entwickelnde Kohlensäure sich nicht allein wie in obigen Versuchen (1a — 4a) in die oberen, sondern auch in die darunter liegenden Schichten zu verbreiten vermag.

Das Ergebniß der Versuche dieser Reihe kann nach vorstehenden Erörterungen dahin präcisirt werden, daß die Kohlensäure aus Bodenparthien, welche dieselbe in reichlichen Mengen entwickeln, sich in höher wie tiefer gelegene Schichten des Erdreiches zu verbreiten vermag. Die Beeinflussung letzterer in bezeichneter Richtung ist eine verschiedene, je nach den Widerständen, welche der Boden der Bewegung des Gases entgegenstellt. Das Eindringen der Kohlensäure in tiefere Schichten ist um so mehr erschwert, je feinkörniger derselbe ist. Bei dem Emporsteigen des Gases an die Atmosphäre werden die oberen Schichten an demselben um so mehr bereichert, je feinkörniger die den Boden zusammensetzenden Elemente sind.

II. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft bei verschiedener Bedeckung des Erdreichs.

Die Versuche dieser Reihe wurden nach dem sub I B. näher beschriebenen Verfahren ausgeführt. Fünf Cylinder wurden mit gleichen Mengen von humosem Kalksand, der zuvor sorgfältig gemischt worden war, beschickt. Im Gefäß I wurde durch zeitige Ansamung eine Grasdecke hergestellt. Die Oberfläche des Bodens im Gefäß II blieb brach und wurde während der Versuchsdauer von Unkraut frei gehalten,

Digitized by Google

während diejenige in den Cylindern III—V mit einer 0,5 resp. 2,5 und 5 cm starken Decke aus Strohhäcksel bedeckt wurde.

Die Analysen der aus einer Tiefe von 30 cm entnommenen Luftproben lieferten folgende Resultate:

(1884.)

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft				
	Bodenbedeckung				
	Gras	Brach	Strohdecke		
			0,5 cm hoch	2,5 cm hoch	5,0 cm hoch
10. Mai	2,663	4,152	3,609	3,777	4,611
19. »	2,181	5,561	6,394	8,015	8,123
27. »	1,724	2,827	2,807	3,989	4,211
10. Juni	1,672	2,398	3,791	3,122	2,896
18. »	1,436	2,980	2,924	3,255	3,144
30. »	1,304	4,366	5,551	6,466	6,621
8. Juli	1,489	5,499	6,702	7,791	7,976
15. »	1,037	6,022	9,795	11,676	10,579
23. »	2,075	4,552	5,359	6,432	6,677
1. August	1,962	4,482	4,775	5,716	5,938
7. »	6,953	7,512	7,985	8,418	9,046
14. »	2,505	6,885	7,808	10,008	10,401
21. »	1,902	5,584	6,474	7,141	9,314
30. »	1,903	4,413	4,698	6,264	7,435
6. September	1,814	3,958	4,644	5,658	5,764
16. »	1,564	4,789	6,344	6,074	6,579
27. »	0,885	3,599	4,977	4,874	6,648
Mittel:	**2,063**	**4,681**	**5,567**	**6,404**	**6,821**

Mit großer Uebereinstimmung weisen diese Zahlen nach,

1. daß der von lebenden Pflanzen beschattete Boden während der wärmeren Jahreszeit beträchtlich geringere Mengen von Kohlensäure enthält als der brachliegende und daß dieser wiederum ärmer an Kohlensäure ist, als der mit einer Decke von abgestorbenen Pflanzentheilen versehene,
2. daß der Gehalt der Bodenluft an freier Kohlensäure im letzteren Fall mit der Mächtigkeit der Deckschicht zunimmt.

Diese Gesetzmäßigkeiten lassen sich auf die durch die Bodenbedeckung modificirten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Erdreichs zurückführen. Bezüglich der Erwärmung desselben wurde ge-

Digitized by Google

funden[1]), daß der von lebenden Pflanzen bestandene Boden kälter und trockener ist als der unbedeckte. Es sind sonach die Bedingungen zu einer intensiven Zersetzung der organischen Substanzen im ersteren Falle weniger günstig als im letzteren, weshalb die Kohlensäureproduktion in dem mit einer Vegetationsdecke versehenen Erdreich eine weniger ergiebige sein muß als im brachliegenden. Da die Unterschiede in der Erwärmung und Feuchtigkeit zwischen beiden Zuständen des Bodens meist sehr beträchtlich sind, so wird es verständlich, daß auch in dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft zwischen dem besäeten und nicht besäeten Lande sich sehr erhebliche Differenzen herausstellen.

Der mit leblosen Gegenständen (Streu, Stalldünger, Steine u. s. w.) bedeckte Boden unterscheidet sich von dem brachliegenden durch höheren Feuchtigkeitsgehalt, aber niedrigere Temperatur. Während durch erstere Eigenschaft einer intensiveren Zersetzung der organischen Stoffe Vorschub geleistet wird, wird diese durch letztere Eigenschaft beeinträchtigt. Welcher dieser Faktoren im Vergleich zu denen des Brachlandes die Ueberhand gewinnt, hängt vornehmlich von dem Gange der Witterung ab. In den früheren Versuchen war der mit einer Strohdecke versehene Boden in den meisten Fällen und im Durchschnitt kohlensäurearmer als der unbedeckte. Es betrug im Durchschnitt der Kohlensäuregehalt der Bodenluft:

	Strohdecke	Brach
(1878)	6,750	8,830.

In den vorliegenden Versuchen stellten sich diese Werthe auf:

	Strohdecke	Brach
(1884)	5,567	4,681.

Es war demnach das Resultat ein dem früheren entgegengesetztes[2]). Dieser Widerspruch ist jedoch nur ein scheinbarer und erklärt sich aus den zwischen den beiden Versuchsjahren bestehenden Verschiedenheiten im Gang der Witterung. Im Jahre 1878 waren die Niederschläge gleichmäßiger vertheilt und ergiebiger als im Jahre 1884. Es wurden hierdurch

[1]) *E. Wollny.* Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin. 1877. *Paul Parey.* — Ferner diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 197.

[2]) Bezüglich der Wirkung der Pflanzendecke im Vergleich zu derjenigen der Brache auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft wurden jedoch in beiden Versuchsjahren durchaus übereinstimmende Resultate erzielt.

Digitized by Google

in jenem Versuchsjahr die zwischen dem brachliegenden und dem bedeckten Boden bestehenden Unterschiede mehr herabgedrückt als im Jahre 1884, in welchem letztere in Folge von häufiger auftretenden Trockenperioden und höherer Wärmezufuhr beträchtlich vermehrt werden mußten. Aus diesen Gründen konnte im Jahre 1878 die im Vergleich zu dem bedeckten Boden höhere Temperatur bezüglich der Zersetzung der organischen Stoffe zur vollen Wirkung gelangen, wohingegen dieselbe im Jahre 1884 durch die vergleichsweise trockene Beschaffenheit des Bodens abgeschwächt wurde, derart daß nunmehr der höhere Feuchtigkeitsgehalt des mit einer Strohschicht bedeckten Bodens das Uebergewicht erlangte. Derartige Betrachtungen führen zu dem Schluß, daß der brachliegende Boden nur in feuchten Jahren reicher, in trockenen Jahren dagegen ärmer an Kohlensäure ist als der mit einer Decke lebloser Gegenstände versehene.

Die durch Satz 2 charakterisirte Erscheinung erklärt sich aus dem Umstande, daß der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens mit der Mächtigkeit der obenauf liegenden Deckschicht zunimmt[1]). Da indessen in gleichem Grade die Erwärmung des Bodens abnimmt, so dürfte es auf Grund der vorangegangenen Erwägungen sehr wahrscheinlich sein, daß in feuchten Jahren, in welchen die geschilderten Unterschiede mehr ausgeglichen werden und jene in den Temperaturverhältnissen besonders zur Wirkung gelangen, ein dem ermittelten entgegengesetztes Resultat erhalten wird, d. h. daß unter solchen Verhältnissen der Kohlensäuregehalt um so geringer ausfallen wird, je mächtiger die Deckschicht ist. Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu prüfen, gedenkt Referent die Versuche zu wiederholen.

Hinsichtlich der besonderen Wirkungen der Pflanzendecke auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft ist vor Allem zu berücksichtigen, daß die Gewächse je nach Standdichte, Entwickelungsgrad, und besonderen Wachsthumsverhältnissen die Bodentemperatur und -Feuchtigkeit in verschiedener Weise beeinflussen, und damit auch die den Zerfall der organischen Substanzen im Boden bedingenden Processe und deren Endprodukt: die Kohlensäure. Bereits früher[2]) wurde nachgewiesen, daß der Boden unter einer Decke lebender Pflanzen um so ärmer an Kohlensäure

[1]) Die bezüglichen Einwirkungen sollen in einer zu späterer Veröffentlichung bestimmten Arbeit näher dargelegt werden.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 13.

Digitized by Google

ist, je dichter die Pflanzen stehen, weil in dem gleichen Maße die Erwärmung[1]) und die Feuchtigkeit des Erdreiches[2]) herabgedrückt werden.

Analoge Erscheinungen treten hervor, wenn die Pflanzen bei verschiedener Saatzeit kultivirt werden. Da sich innerhalb gewisser Grenzen die Pflanzen um so kräftiger entwickeln, je früher sie angebaut werden, so wird die Feuchtigkeit und die Temperatur[3]) des Bodens um so mehr herabgedrückt, je zeitiger die Aussaat vorgenommen wurde. Im Vornherein kann nach den obigen Versuchsergebnissen angenommen werden, daß dadurch die Entwickelung der Kohlensäure alterirt werde. In der That ist dies der Fall, wie folgender Versuch zeigt. Die nach der sub I B angegebenen Methode aufgestellten Cylinder wurden mit humosem Kalksandboden beschickt, welcher in verschiedenen Terminen mit Erbsen, je 12 Stück, bestellt wurde. Die Pflanzen entwickelten sich in der Folge in dem Maße üppiger, als ihr Anbau frühzeitiger erfolgte. In welcher Weise hierdurch die Kohlensäureproduktion beeinflußt wurde, weisen die folgenden Zahlen nach:

		Kohlensäure der Bodenluft[4]) Saatzeit:				
		10. April	20. April	30. April	10. Mai	20. Mai
18. Juni	1884	4,146	3,757	5,463	5,966	4,577
30. „	„	1,537	1,706	2,503	4,432	4,324
8. Juli	„	2,148	4,474	2,960	3,073	2,957
Mittel:		**2,610**	**3,312**	**3,642**	**4,490**	**3,953**

Diese Zahlen vermitteln demnach die Thatsache, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft unter sonst gleichen Verhältnissen um so kleiner ausfällt, je zeitiger die Saat vorgenommen wurde.

Werden die Pflanzen durch geeignete Düngungen zu einem üppigeren Wachsthum veranlaßt, so trocknen sie den Boden in stärkerem Grade aus und setzen dessen Erwärmung, wegen vergleichsweise größerer Beschattung, mehr herab als bei weniger kräftiger Entwickelung auf ungedüngtem Boden[5]). Die hierdurch bedingten Einwirkungen auf die Zer-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 243.
[2]) Der Einfluß der Pflanzendecke u. s. w. Von *E. Wollny*. S. 127.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 237.
[4]) In 25 cm Tiefe.
[5]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 240.

Digitized by Google

setzung der organischen Stoffe sind ziemlich bedeutend, wie die Ergebnisse folgender nach dem sub I B. näher beschriebenen Verfahren ausgeführten Versuche mit Grasboden darthun, welcher in zwei Cylindern[1]) durch Ansaat entwickelt wurde. In dem einen Apparat blieb das Gras ungedüngt, in dem anderen wurde es mit einem Gemisch von Peruguano-Superphosphat und schwefelsaurem Kali stark gedüngt und dadurch zu üppiger Entwickelung gebracht. Die Untersuchungen der Bodenluft in 25 cm Tiefe lieferten folgendes Resultat:

		Kohlensäuregehalt der Bodenluft.	
		Ungedüngter Grasboden.	Gedüngter
3. Juli	1882	1,427	1,140
18. „	„	2,232	1,134
10. August	„	5,238	3,411
30. „	„	1,941	1,452
12. September	„	2,706	2,079
30. „	„	2,039	1,361
	Mittel:	**2,597**	**1,763**

Aus diesen Zahlen und mit Berücksichtigung der Wachsthumsunterschiede zwischen den Versuchspflanzen läßt sich ohne Weiteres die Schlußfolgerung herleiten, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft unter übrigens gleichen Verhältnissen durch üppigeres Wachsthum der Pflanzen vermindert wird.

Schließlich wäre zu berücksichtigen, daß durch die Beseitigung der oberirdischen Organe, wie solche durch Abmähen der Pflanzen bewirkt wird, die Bodentemperatur eine Erhöhung erfährt[2]), weil durch jene Procedur die Beschattung mehr oder weniger aufgehoben wird, sowie daß dadurch die Durchfeuchtung des Erdreiches wegen Beseitigung der transpirirenden oberidischen Organe gefördert wird. In welcher Weise diese Verschiedenheiten in der Bodenbeschaffenheit eine Wirkung auf die Kohlensäureproduktion in dem Erdreich auszuüben vermögen, wurde vom Referenten in der Weise festzustellen versucht, daß derselbe zwei mit humosem Kalksand gefüllte Cylinder (I B) mit einer Grasdecke versah, welche in dem einen Apparat am 25. Juli (I), in dem anderen am 20. Mai, 5. Juli und 15. August (II)

[1]) Die Gefäße waren mit humosem Kalksand gefüllt.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 241.

Digitized by Google

abgemäht wurde. In dem Kohlensäuregehalt der Bodenluft, entnommen aus 25 cm Tiefe, machten sich folgende Unterschiede bemerklich.

		Kohlensäuregehalt der Bodenluft. Grasboden	
		I	II
		Einmal gemäht.	Dreimal gemäht.
26. Mai	1882	1,841	1,493
14. Juni	„	1,869	5,022
28. „	„	0,993	2,902
11. Juli	„	0,942	5,754
24. „	„	2,812	3,796
8. August	„	7,106	7,521
29. „	„	1,699	4,362
12. September	„	2,884	7,292
23. „	„	1,815	4,839
	Mittel:	**2,440**	**4,776**

Diesen Zahlen ist zu entnehmen, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft durch Abmähen der Pflanzen erhöht wird. Es tritt dies nicht allein im Durchschnitt sondern auch in den Einzelbestimmungen deutlich hervor. Sehr charakteristisch ist auch das am 8. August ermittelte Resultat, welches zeigt, daß sich der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in dem einmal gemähten Boden (I) sofort nach Beseitigung der oberirdischen Organe hob und beinahe demjenigen der Luft in dem mehrmals der Pflanzendecke beraubten Boden gleich kam.

Bei Zusammenfassung sämmtlicher an dieser Stelle, sowie in früheren Publikationen mitgetheilten Versuchsergebnisse gelangt man zu dem Schluß, daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft von der physikalischen Beschaffenheit des Erdreiches in hervorragender Weise beeinflußt wird, und zwar nach zwei Richtungen. Einerseits ist die Menge freier Kohlensäure im Boden abhängig von der Einwirkung der durch die physikalische Beschaffenheit des Bodens und der Bedeckung desselben modificirten Faktoren der Zersetzung organischer Substanzen (Wärme, Feuchtigkeit, Porosität), andererseits von den Widerständen, welche der Boden je nach seinem mechanischen Zustande dem durch Diffusion und Luft-

Digitized by Google

strömungen veranlaßten Austritt des Gases an die Atmosphäre entgegensetzt. Aus solchen Thatsachen wird, ganz abgesehen von den übrigen in der Natur sich geltend machenden Einwirkungen, geschlossen werden dürfen, daß der Verlust, welchen der Boden in letzterer Hinsicht erleidet, häufig den Einfluß der für die Kohlensäureentwickelung maßgebenden Momente verdecken und in den durch die jeweilige Untersuchung festgestellten Kohlensäuremengen nicht zum Ausdruck gelangen lassen wird. Hierfür finden sich zahlreiche Belege in den gemachten Mittheilungen. So wurde, wie hier nochmals hervorgehoben sein mag, gefunden, daß der Gehalt an freier Kohlensäure in einem grobkörnigen, porösen und gelockerten (krümeligen und bearbeiteten) Boden unter sonst gleichen Umständen geringer sein kann als in einem feinkörnigen, pulverförmigen und verdichteten, obwohl im ersteren Fall der Zerfall der organischen Stoffe ein intensiverer ist als im letzteren.

Die in der Bodenluft ermittelte Kohlensäuremenge kann sonach nicht als Maßstab für die Intensität der Zersetzungsprocesse der organischen Substanz dienen. Ebensowenig ist derselbe aber auch geeignet, für die Menge der organischen Substanz einen ziffermäßigen Ausdruck zu liefern, sobald in den Vergleichsfällen die physikalischen Eigenschaften des Erdreiches resp. die Bodendecken verschiedene sind.

Referent ist in der Lage, zur Begründung letzterer Anschauung zwei eklatante Beispiele anzuführen. In dem einen Fall wurden von zwei Blechcylindern (von den in Versuch I B. angegebenen Dimensionen) der eine mit Quarzkies (Korngröße 2—4 mm), der andere mit Quarzsand (Korngröße 0,0—0,5 mm gefüllt[1]). Ersterer war vor dem Einfüllen mit 500 g, letzterer mit 250 g Pferdedüngerpulver gemischt worden. In einem zweiten Versuch wurden zwei Cylinder mit humosem Kalksandboden beschickt. In dem einen blieb der Boden brach und ungedüngt, in dem anderen wurde derselbe mit 700 g trockenem Pferdedüngerpulver gedüngt und mit einer Grasdecke versehen. Die aus einer Tiefe von 25 cm entnommenen Luftproben enthielten folgende Mengen von Kohlensäure:

[1]) Beide Sortimente waren aus einem und demselben Material hergestellt worden.

Digitized by Google

Datum	Kohlensäuregehalt der Bodenluft			
	Kies gedüngt mit 500 g trockenem Pferdedünger	Sand gedüngt mit 250 g trockenem Pferdedünger	Gras gedüngt mit 700 g trockenem Pferdedünger	Brach ungedüngt
20. April 1881	4,421	5,443	—	—
3. Mai »	24,646	12,222	—	—
21. » »	21,219	14,227	—	—
3. Juni »	24,531	25,916	—	—
18. » »	27,638	26,789	—	—
2. Juli »	26,527	32,377	1,375	3,244
18. » »	16,732	22,086	1,251	3,137
4. August »	18,256	17,178	1,195	3,000
18. » »	3,369	2,374	1,443	3,067
2. September »	2,061	3,327	5,891	2,260
16. » »	2,736	3,149	3,509	3,370
Mittel:	**15,649**	**15,008**	**2,444**	**3,013**

Sieht man zunächst von Details ab, so erkennt man sofort, daß unter den vorliegenden Verhältnissen die Menge der organischen Stoffe der Böden in dem Kohlensäuregehalt derselben nicht zum Ausdruck kam. Obwohl der Kies noch einmal so viel organische Bestandtheile enthielt als der Sand, war der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in beiden Fällen ziemlich der gleiche. Es beruht dies offenbar darauf, daß der Kies wegen geringer Wasserkapacität nicht die für eine vollkommene Zersetzung des Pferdedüngers erforderliche Feuchtigkeit enthielt und außerdem die gebildete Kohlensäure wegen großer Permeabilität leicht an die Atmosphäre abgab. Nur im Mai und Juni entwickelte der Kies mehr Kohlensäure als der Sand, weil durch ausreichende Niederschläge die fehlende Bodenfeuchtigkeit ersetzt wurde. In den folgenden trockenen Monaten jedoch fiel die Kohlensäureproduktion im Kies unter die des Sandes und erhob sich nur noch einmal darüber, nämlich am 4. August, nachdem in der Pentade vom 21.—25. Juli ein ergiebiger Regen vorausgegangen war.

In dem zweiten Versuch kam die Düngung mit Pferdemist gar nicht zur Wirkung, denn wie die Zahlen zeigen, enthielt der gedüngte Boden weniger Kohlensäure als der ungedüngte. Durch die Zufuhr des Düngers war das Gras zu einer üppigen Entwickelung gebracht worden, weshalb der Boden stark ausgetrocknet und abgekühlt wurde. Die Zersetzung der zugeführten organischen Stoffe war daher eine sehr langsame und

Digitized by Google

derart verzögert, daß der vergleichsweise an humosen Bestandtheilen ärmere brach liegende in Folge eines weit höheren Feuchtigkeitsgehaltes und stärkerer Erwärmung mehr Kohlensäure produciren konnte. Die am 2. September gemachte, hiervon abweichende Beobachtung läßt sich dadurch leicht erklären, daß durch vorhergehende ergiebige Niederschläge in der letzten Hälfte des August auch der Grasboden gut durchfeuchtet worden war, so daß sich nunmehr die organischen Stoffe besser zersetzen konnten als vorher.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen sowohl, als auch des Umstandes, daß die Schichten von verschiedenem Kohlensäuregehalt, wie oben nachgewiesen, sich gegenseitig beeinflussen, sowie daß die Stärke und Richtung der Winde auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft einen nicht unbeträchtlichen Einfluß ausübt und daß über einen gewissen Gehalt an organischen Stoffen die Kohlensäureproduktion konstant bleibt u. s. w., wird man nicht umhin können anzuerkennen, daß die Menge der im Boden vorhandenen freien Kohlensäure weder für die Intensität der organischen Processe, noch für die Menge der im Boden vorhandenen organischen Stoffe einen Maßstab abgiebt.

Digitized by Google

Witterungs-Tabelle.

Datum		Lufttemperatur (°C.)					Niederschlagsmenge (mm)				
		1880	1881	1882	1883	1884	1880	1881	1882	1883	1884
1.— 5.	April	6,85	3,24	8,12	7,12	8,90	24,0	11,00	0,38	0,90	—
6.—10.	»	4,21	4,90	3,28	2,47	7,74	32,1	3,30	11,10	9,42	48,28
11.—15.	»	8,75	7,14	5,53	3,59	4,94	—	4,20	8,08	6,00	26,30
16.—20.	»	12,53	8,46	8,94	9,08	3,74	5,56	5,10	4,74	2,58	5,46
21.—25.	»	12,70	4,06	10,38	4,14	4,06	5,90	5,60	3,52	3,80	3,00
26.—30.	»	6,38	4,01	7,61	8,82	6,96	19,37	16,40	22,84	30,66	5,85
1.— 5.	Mai	9,12	10,82	12,67	9,41	9,54	5,85	4,17	25,25	9,99	11,84
6.—10.	»	6,61	9,01	11,16	12,77	10,57	47,46	—	4,50	2,50	10,16
11.—15.	»	12,01	6,04	9,53	9,95	16,52	8,10	5,75	1,10	5,09	5,51
16.—20.	»	8,90	13,57	5,87	12,92	16,88	10,00	33,75	0,95	14,33	0,49
21.—25.	»	12,52	11,74	13,98	13,39	14,69	12,16	9,87	5,36	1,52	0,18
26.—31.	»	13,07	13,26	18,05	16,63	11,56	63,84	180,15	19,80	52,51	1,76
1.— 5.	Juni	11,90	15,96	14,78	17,98	12,40	17,80	1,42	47,18	7,05	26,34
6.—10.	»	13,89	9,36	13,09	15,74	10,46	22,91	57,45	20,90	27,53	36,29
11.—15.	»	14,19	11,76	10,38	14,75	13,80	9,73	5,25	9,04	50,85	7,29
16.—20.	»	16,06	16,89	11,26	11,45	8,74	6,24	11,35	12,64	50,41	24,56
21.—25.	»	14,32	20,80	17,11	14,42	13,03	38,55	23,72	8,40	23,22	18,97
26.—30.	»	16,49	15,61	16,09	17,32	16,11	10,30	21,15	11,20	9,50	4,71
1.— 5.	Juli	16,19	19,60	14,36	20,47	19,59	78,61	—	38,13	—	1,79
6.—10.	»	16,84	18,24	16,33	20,71	19,68	25,30	6,00	28,10	8,55	19,05
11.—15.	»	18,10	19,29	15,72	19,02	22,34	12,80	—	9,74	60,25	3,64
16.— 20.	»	21,78	20,45	18,80	12,24	18,52	15,95	7,62	23,30	14,13	29,76
21.—25.	»	17,01	19,07	18,50	13,13	16,55	21,24	43,90	12,58	40,68	29,85
26.—31.	»	18,28	16,94	12,39	13,05	13,56	19,60	7,05	55,08	22,74	14,78
1.— 5.	August	13,18	20,12	13,70	14,70	19,40	24,00	3,37	29,29	9,71	59,50
6.—10.	»	13,81	20,64	14,17	15,27	18,60	37,92	—	5,19	15,10	—
11.—15.	»	15,56	16,14	18,20	16,83	19,05	42,53	6,40	3,62	8,45	17,11
16.— 20.	»	16,58	15,35	14,01	12,74	15,94	10,68	25,55	21,37	26,50	10,62
21.—25.	»	16,32	17,82	14,07	17,58	14,78	50,77	36,10	35,84	—	0,31
26.—31.	»	15,82	14,30	12,74	18,08	12,38	3,45	37,10	15,32	0,31	35,86
1.— 5.	September	18,10	12,87	16,15	15,33	15,02	—	19,77	32,63	14,28	7,44
6.—10.	»	16,88	13,90	14,12	11,16	11,38	9,39	8,70	14,78	15,40	16,07
11.—15.	»	14,65	12,66	12,08	13,09	14,26	5,25	1,90	2,48	—	—
16.—20.	»	10,73	13,35	10,85	13,82	15,68	40,76	7,35	16,27	45,34	—
21.—25.	»	10,75	8,46	8,98	12,00	13,19	12,75	8,10	19,50	16,00	5,76
26.—30.	»	9,02	8,08	9,92	11,66	11,27	0,30	19,75	27,47	28,17	—

Digitized by Google

Neue Litteratur.

J. B. Lawes und J. H. Gilbert. **Stickstoffbestimmungen in den Böden einiger Versuchsfelder in Rothamsted.** London. 1883 und Ann. de Chim. et de Phys. Sér. 6. T. II. p. 511.

Die in der Ackererde vor sich gehenden Veränderungen der organischen Substanzen sind fast ausschließlich von der physikalischen Beschaffenheit abhängig, weil von letzterer die für das Leben und die Funktionen der die Zersetzungsprocesse unterhaltenden Mikroorganismen maßgebenden Faktoren zum größten Theil beherrscht werden. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint es gerechtfertigt, wenn an dieser Stelle über Arbeiten, wie die vorliegende und ähnliche, berichtet wird.

In der vorliegenden Abhandlung suchen die Verf. besonders die sog. Stickstofffrage der Lösung entgegenzuführen, indem sie an der Hand langjähriger Versuche die Stickstoffmengen bestimmen, welche durch die Pflanzen und durch die Drainwasser dem Boden entzogen, und welche demselben durch die Niederschläge zugeführt werden, sowie diejenigen, welche sich bei verschiedener Düngung und verschiedenen Kulturen im Boden vorfinden.

Es zeigte sich, dass die Stickstoffmengen, welche die Ernten von der Atmosphäre erhalten, in Form von Stickstoffverbindungen, welche die Niederschläge zuführen, oder der von der Pflanze etwa absorbirt wird, nur einen sehr geringen Theil der Gesammtmenge ausmachen, welche die Pflanzen assimiliren, weshalb der Boden selbst (oder der demselben zugeführte Dünger) als Hauptquelle für den Stickstoffbedarf anzusehen ist. Es sprechen hierfür die Resultate der Stickstoffbestimmungen, welche sowohl bei ungedüngtem, als auch bei gedüngtem Boden vorgenommen wurden. Einige derselben mögen zur Illustration dieser Verhältnisse dienen:

Broadbalk-Feld.

(39 Jahre unausgesetzt mit Weizen bebaut.)

Stickstoff des trockenen Bodens in Pfunden (engl.) per Acre bis zu 9 Zoll (engl.) Tiefe.

Düngung per Acre und Jahr	Stickstoff per Acre		Gewinn + Verlust −
	1865 ℔	1881 ℔	
Ungedüngt (seit 1843)	2507	2404	− 103
Gemischter Mineraldünger	2574	2328	− 246
Gem. Mineraldünger u. 86 ℔ Stickstoff als Ammoniaksalz	2829	2908	+ 79
Gem. Mineraldünger u. 86 ℔ Stickstoff als Natronsalpeter	2834	2883	+ 49
86 ℔ Stickstoff als Ammoniaksalz (seit 1845)	2548	2471	− 77
86 ℔ Stickstoff als Ammoniaksalz u. Superphosphat	2693	2676	− 17
86 ℔ Stickstoff als Ammoniaksalz, Superphosphat u. Glaubersalz	2778	2765	− 13
86 ℔ Stickstoff als Ammoniaksalz, Superphosphat u. schwefels. Kali	2774	2863	+ 89

Digitized by Google

Der Boden der ungedüngten und mit Mineraldünger gedüngten Parcellen hatte also sehr beträchtliche Mengen von Stickstoff verloren, ein Umstand, der sich auch durch Verminderung der Ernten dokumentirte. Dieselbe Beobachtung wurde auch auf den unausgesetzt mit Gerste kultivirten Böden gemacht.

Wenn sonach angenommen werden kann, daß die Pflanzen für ihren Bedarf an Stickstoff auf den Stickstoffvorrath im Boden angewiesen sind, so fragt es sich, wie damit die auch von den Verff. bestätigte Thatsache, daß man stets reichere Kornernten nach Klee und ähnlichen Gewächsen erhält, zu erklären sei. Daß letztere Gewächse wegen ihres Stickstoffreichthums dem Boden sehr beträchtliche Mengen an dem in Rede stehenden Elementarstoff, und weit größere als die Cerealien, entziehen, geht aus mehreren diesbezüglichen Bodenanalysen hervor. Dennoch ist das Körnererträgniß ein höheres, wenn die Cerealien nach Klee angebaut werden, als in dem Fall, wo sie sich selber folgen. So wurde z. B. einem Felde, welches nach sechs Kornernten, in künstlichem Dünger gewachsen, 1873 halb mit Klee und halb mit Gerste bebaut war, in der Ernte entzogen per Acre und Jahr

bei Klee . . . . 153,3 ℔ N
„ Gerste . . . 37,3 „ „.

Die nach Klee folgende Gerste ergab 1874 in der Ernte 69,4 ℔ N, die nach der Gerste folgende Gerste in demselben Jahr 39,1 ℔ N. Die im Herbst 1873 nach der Ernte entnommenen Bodenarten ergaben in der 9 Zoll mächtigen Dammerde beim Rothkleeland 0,1566% N, beim Gerstenland nur 0,1416% N, obwohl im letzteren Fall in der Ernte viel weniger an N entnommen war.

Die auch durch diese Versuche erwiesene Thatsache, daß in der gewöhnlichen Kultur eine Getreideernte nach einer Kleeernte im Boden eine größere Menge Stickstoff findet, als wenn sie einer anderen Ernte von Cerealien folgt[1]), könnte zu Gunsten der Hypothese sprechen, daß der Stickstoff der Kleeernte aus der Atmosphäre entnommen ist. Indessen, wenn man die wohlbekannten Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Hülsenfrüchte erwägt, welche man in die Fruchtwechselwirthschaften eintreten läßt, wird man finden, daß ihre Fähigkeit Stickstoff aufzunehmen und zur Vermehrung der folgenden Ernten beizutragen, proportional ist der Lebensdauer der Pflanzen und der Entwickelung ihrer Wurzeln. So weiß Jedermann, daß die Luzerne, die Esparsette und der rothe Klee stärkere Erträge ohne Dünger geben und den Pflanzen, welchen ihnen folgen, einen beträchtlicheren Rückstand hinterlassen, als der weiße Klee und der Sommer-Lolch.

Wenn man andererseits die Entwickelung eines Gerstenfeldes und eines mit rothem Klee verfolgt, die beide fast gleichzeitig besäet worden sind, so wird man finden, daß, wenn die Gerste reif ist, die lebhafte Entwickelung des Klee's kaum angefangen hat, so daß diesem zum Sammeln der Nährstoffe das Ende des Sommers, der ganze Herbst und die Zeit, welche bis zum Herbst des folgenden Jahres verfließt, bleibt. Wenn das Leben der Gerste schon geendet hat, ist die Bildung der Salpetersäure noch sehr lebhaft.

---

[1]) Vergl. die Versuche von *P. P. Dehérain*. Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 61 und die für die Stickstoffsammlung der Leguminosen und Wiesenpflanzen vom Ref. gegebene wissenschaftliche Erklärung in der deutschen landw. Presse. 1883. No 89.

Digitized by Google

Zu den ökonomischen Funktionen des Klees muß man sicherlich die zählen, den Stickstoff der Salpetersäure des Bodens aufzuhalten und anzuhäufen, welche ohne dies durch die Wasser des Herbstes und des Winters fortgeführt werden würde.

In Bezug auf die Frage, ob die Leguminosen ihren Stickstoff aus der Atmosphäre entnehmen, lassen allerdings gewisse bekannte Umstände, welche sich auf die Entwickelung der Leguminosen beziehen, eine solche Vorstellung zu. Unter anderen seien angeführt die allgemeine Gleichgültigkeit, welche diese Pflanzen für den Stickstoff zeigen, den man ihnen direkt im Dünger liefert; der Vortheil, den ihnen zuweilen die Anwendung rein mineralischer Dünger bereitet; die Zunahme des Stickstoffs in den obersten Schichten des Bodens nach ihrer Entwickelung, endlich die Verbesserungen, die sie in den Ernten der Getreide veranlassen, welche ihnen folgen.

Aber andererseits erklärt diese Theorie keineswegs, warum die Leguminosen, welche den meisten Stickstoff aufnehmen, am wenigsten häufig auf demselben Boden gezogen werden können; warum es unmöglich gewesen, Klee kontinuirlich auf einem gewöhnlichen Ackerfelde zu ziehen, das gleichwohl im Stande war, ziemlich gute Getreideernten zu geben; warum der einzige Umstand, unter welchem man Klee kontinuirlich unter den vorliegenden Verhältnissen erhalten konnte, der gewesen, daß der Boden viel reicher an Stickstoff war und an anderen Elementen (Gartenerde) als die Ackererde; endlich warum die unter diesen Umständen erhaltene Ernte von einer schnellen Abnahme der Menge des im Boden enthaltenen Stickstoffs begleitet gewesen.

Wohl ist es richtig, daß man durch die Analyse nicht hat deutlich beweisen können, daß der Untergrund einer gewöhnlichen Ackererde, der eine Kleeernte gegeben, ärmer an Stickstoff ist, als der eines Bodens, der beständig Getreide geliefert hat. Aber wenn man bedenkt, daß 1 ha der Ackererde von Rothamsted, bis zur Tiefe von 1,37 m genommen, fast 24700 kg Stickstoff enthält; daß verschiedene Proben des Untergrundes desselben Feldes nicht immer dieselbe Menge dieses Stickstoffs haben; daß die Analyse nur auf 6 bis 13 gr dieser Erde sich bezieht, und namentlich, daß man die Kultur dieser Pflanzen mit tiefen Wurzeln nur in Zwischenräumen von 8 bis 12 Jahren erneuern kann, so wird es klar sein, daß es wenigstens ungemein schwierig sein muß, über diesen Punkt zu sicheren experimentellen Beweisen zu gelangen.

Es ist im Grunde ein Glück für die Landwirthschaft, und auch ein Trost für die Schwierigkeiten, welche diese Untersuchungen darbieten, zu denken, daß die Stickstoffmenge, die selbst in einem verhältnißmäßig armen Boden enthalten ist, groß genug ist, daß eine Messung der Verluste, denen er unterliegt, nur nach Versuchen möglich ist, die durch eine sehr lange Reihe fortgesetzt sind. Es ist zu erwarten, daß die in Rothamsted ausgeführten Versuche in Zukunft für die Abstammung des Stickstoffs der Pflanzen aus dem Boden sicherere Beweise als bisher liefern werden. *E. W.*

J. B. Lawes, J. H. Gilbert und R. Warington. **Der Stickstoff in Form von Salpetersäure in dem Ober- und Untergrund einiger Felder in Rothamsted.** Journ. of the royal agricultural Society of England. Vol. XIX. Part II.

Digitized by Google

Die Schlußfolgerungen, welche die Verff. aus vorliegenden von zahlreichen analytischen Belegen begleiteten Untersuchungen ziehen, sind wie folgt präcisirt:

1. Die Böden in den drei Lysimetern von 20, 40 und 60 Zoll, welche seit 13 Jahren ungedüngt und unbebaut geblieben sind, haben während der letzten 6 Jahre im Durchschnitt 40,2 Pfund Stickstoff in Form von Salpetersäure pro Acre und Jahr in dem Drainwasser geliefert. Die Bildung der Nitrate geht am intensivsten im Sommer vor sich; die geringste Menge Nitrate findet sich in den Drainwassern im Frühjahr, die größte im Juli oder in dem ersten darauffolgenden Monat, in welchem die Drainage stark fließt.

2. In drei in gutem Zustande befindlichen Böden von Rothamsted, welche seit der Ernte des vorhergehenden Jahres brach lagen„ wurden 56,5, 58,8 und 59,9 Pfund Stickstoff als Salpetersäure per Acre in der Tiefe bis zu 27 Zoll im September und Oktober gefunden. Nach einem trockenen Sommer finden sich die Nitrate in der Nähe der Bodenoberfläche, nach vielem Regen in tieferen Schichten. Wenn die während der Brachezeit (15 Monate) von den Verff. unter einer Tiefe von 27 Zoll ermittelten Nitratmengen, als durch die Drainage abgeführt, angenommen werden, so entspricht die Gesammtproduktion von Nitraten 80 Pfund Stickstoff pro Acre. Befindet sich der Boden im schlechten Zustande, so ist die producirte Nitratmenge während der Brache geringer.

3. In erschöpftem, aber vier Jahre unbebaut gelassenem Lande wurden nur sehr geringe Mengen Nitrate in dem Untergrund bis zu einer Tiefe von 6 Fuß gefunden. Der Untergrund war jedoch mit Wasser gesättigt und es scheint daher möglich, daß ein Theil der Nitrate durch chemische Reduktion zerstört worden ist.

4. In Böden, die mit Cerealien bebaut sind und kein Uebermaß von stickstoffhaltigem Dünger erhalten haben, finden sich in den oberen Schichten während des Sommers nur sehr geringe Mengen Nitrate, weil dieselben von den Pflanzen vorher assimilirt worden sind. Fällt nach der Ernte Regen, und besonders, wenn das Land gepflügt ist, so beginnt eine beträchtliche Salpeterbildung. Während des Winters sind stets Nitrate vorhanden, trotz des Verlustes durch Drainage, da eine langsame Salpeterproduktion stets im Gange ist. Im späten Frühjahr und Anfangs Sommer verschwinden die Nitrate, wenn das Land sich unter Pflanzen befindet.

5. Von den Böden der verschiedenen Parzellen des Broadbalk-Weizenfeldes wurden im Oktober 1881 Bodenproben bis zur Tiefe von 27 Zoll entnommen. Nach der Ernte war viel Regen gefallen und die Bedingungen für die Salpeterbildung waren daher sehr günstig. Die Nitrate befanden sich nahe der Bodenoberfläche; ihre Menge verhielt sich in den drei je 9 Zoll tiefen Schichten wie 100 : 59 : 31.

6. Die ungedüngten Parzellen enthielten 15,0—17,9 Pfund Stickstoff als Salpetersäure per Acre bis zu einer Tiefe von 27 Zoll, die mit Mineralstoffen allein gedüngten Parzellen: 21,2—24,3 Pfund, die mit 400 Pfund Ammoniaksalz oder mit 550 Pfund Natronsalpeter und Mineraldünger gedüngten Parzellen: 24,6—39,8 Pfund. Wurden die Parzellen mit solchen stickstoffhaltigen Substanzen ohne Beisatz von Mineraldünger gedüngt, so enthielt der Boden 28,3—54,1 Pfund, bei einer Düngung von 1700 Pfund Rapskuchen 34,2 Pfund und bei einer solchen von 14 Tons Stalldünger 52,2 Pfund. Die Rapskuchen und der Stalldünger waren

Digitized by Google

im vorhergehenden Herbst angewendet worden, die Ammoniaksalze und der Natronsalpeter im März.

7. Auf den Parzellen, welche keinen stickstoffhaltigen Dünger oder keine übergroßen Quantitäten Ammoniaksalze resp. Salpeter erhalten hatten, stammten die gefundenen Nitrate zweifelsohne aus den stickstoffhaltigen Substanzen des Bodens her, welche letzteren zum Theil aus Humussubstanzen, hauptsächlich aber aus den Rückständen der zuletzt gewachsenen Kulturpflanzen und Unkräuter bestehen. Die Menge der gefundenen Nitrate stand in einem bestimmten Verhältniß zur Stärke des vorhergehenden Pflanzenwuchses. Wo ein Uebermaß von Natronsalpeter angewendet worden war, fand sich ein beträchtlicher Vorrath unbenutzter Nitrate im Untergrund. Wo Rapskuchen oder Stalldünger angewendet worden waren, stammten die Nitrate theilweise aus den Ueberresten dieser Dungsorten.

8. Vergleicht man die Menge des Gesammtstickstoffs in den oberen 9 Zoll starken Bodenschichten des Broadbalk-Weizenfeldes mit der Menge der in der Tiefe von 27 Zoll gefundenen Salpetersäure, so scheint es, daß der Stickstoff des permanent ungedüngt gebliebenen Landes viel schwieriger nitrificirt wird, als der Stickstoff eines Bodens, welcher reiche Ernten getragen oder Rapskuchen, bezw. Stallmist als Düngung erhalten hat. Das alte Stickstoffkapital wird also weit langsamer oxydirt und in Pflanzennahrung umgewandelt, als die mehr frischen Rückstände der Pflanzen und der organischen Theile des Düngers.

9. In den Böden des Hoos-Gerstenfeldes waren in den bis zu einer Tiefe von 27 Zoll im März 1882 gesammelten Proben die Nitrate durch den Herbst- und Winterregen mehr vertheilt worden; ihre Mengen in der obersten, mittleren und unteren 9 Zoll starken Schicht verhielten sich wie 100 : 102 : 88.

10. Die ungedüngte Parzelle enthielt 15,7 Pfund Stickstoff per Acre, die mit Mineralstoffen allein gedüngte Parzelle 20,1 Pfund, die mit 200 Pfund Ammoniaksalz oder 275 Pfund Natronsalpeter gedüngte, mit oder ohne Mineraldünger: 23,3 Pfund. Die Parzellen, welche 1000 Pfund Rapskuchen erhalten hatten, enthielten mit oder ohne Mineraldünger gedüngt 30,1 Pfund, die mit Stalldünger versehene: 44,1 Pfund. Die Rückstände des Rapskuchens und des Stalldüngers haben also nicht unwesentlich zur Vermehrung der Nitrate beigetragen. Der Einfluß der Pflanzenrückstände auf die Steigerung der Salpeterbildung ist hier nicht so ausgesprochen, als auf dem Weizenfelde, weil die Gerste dem Boden weniger Rückstände hinterläßt, als der Weizen.

11. Ein Vergleich der Nitratmenge, gefunden in den mit Bohnen und Klee besetzten Böden, mit denjenigen im brachliegenden Lande, zeigt, daß die Nitrate von den Leguminosen assimilirt werden. Ein ähnliches Resultat ist ersichtlich, wenn man eine stark und tief bewurzelte Leguminose (Boharaklee) mit einer zart- und kurzbewurzelten (weißer Klee) vergleicht. Die erstere nimmt bedeutend mehr Nitrate aus dem Untergrund auf, als letztere.

12. Die Menge des Stickstoffs in üppigen Leguminosenfeldern erscheint zu groß, um aus den Mengen Salpetersäuren erklärt werden zu können, welche im Boden gefunden worden sind. Wir haben zur Zeit jedoch noch zu geringe Kenntnisse von der Menge Salpetersäure in den tieferen Schichten des Untergrundes. Es bleibt fraglich, ob die Leguminosenbestände nicht die Fähigkeit besitzen, den

Digitized by Google

in einer solchen Form vorhandenen Stickstoff sich anzueignen, den die Cerealien nicht verwerthen können.

13. Die Resultate, welche bei den Böden des Broadbalk-Weizenfeldes sich ergeben haben, verglichen mit den bei der Untersuchung der Drainwasser erhaltenen, bestätigen den schon früher aufgestellten Satz, daß eine Schätzung des Verlustes, welcher bei einer 60 Zoll tiefen Drainage und bei einer Drainage des Weizenfeldes gefunden wurde, zu niedrig ist. Es ist augenscheinlich, daß bedeutendere Mengen von Nitraten in den Untergrund wandern, als eine solche Berechnung zeigt.

14. Es ist eine offene Frage, ob unter gewissen Umständen und besonders, wenn der Untergrund mit Wasser gesättigt ist, die in die tieferen Schichten des Untergrundes geführten Nitrate desoxydirt werden oder in welchem Umfange die Nitrate, welche nicht reducirt wurden, oder der Drainage entgangen sind, bei trockenem Wetter nach oben geführt oder den tief wurzelnden und stark entwickelten Pflanzen zugänglich sind. *E. W.*

H. Joulie. **Fixirung des Stickstoffs im kultivirten Boden.** Annales agronomiques. T. XII. No. 1. 1886. p. 5–16.

Die von *Berthelot* angestellten Untersuchungen[1]), welche ergeben hatten, daß der ungebundene Stickstoff der Atmosphäre unter dem Einfluß von Mikroorganismen fixirt werde, geben dem Verf. Veranlassung, ähnliche Thatsachen mitzutheilen, welche er in seinen Vegetationsversuchen seit einer Reihe von Jahren beobachtet hat.

Diese Versuche wurden in gläsernen etwas konischen Töpfen ausgeführt, welche vier Seitenspalten bis 3 cm über dem Boden hatten und unten mit 500 grm gesiebten Glasstückchen (< 0,010 m), darüber mit 1500 grm Erde, welche mit destillirtem Wasser angefeuchtet und mit den erforderlichen Nährstoffen versehen wurde, gefüllt worden war. Die Töpfe wurden in Glasgefäße von 5–6 cm Höhe gestellt, in welchen sich destillirtes Wasser befand. Letzteres stieg durch Kapillarität in den Glasstücken zum Boden auf und erhielt denselben in einem gut feuchten Zustande. Die Luft hatte freien Zutritt zum Boden durch die Seitenspalten der Gefäße.

Im Jahre 1883 wurden zwölf Doppelvegetationsversuche ausgeführt mit einer thonig-kieseligen Erde, welcher theils Mineralstoffe, theils stickstoffhaltige Substanzen zugeführt wurden. Die Töpfe wurden derart aufgestellt, daß sie gegen Regen und Vögel geschützt, jedoch dem ungehinderten Zutritt der Luft ausgesetzt waren. Am 30. Juni wurde jeder Topf mit sechs gekeimten Buchweizensamen besäet. Die Pflanzen wurden am 6. September geerntet, worauf am 15. September eine neue Ansaat mit Raygras und Bastardklee erfolgte. Im März, am 20. Juni und 21. August wurde das Futtergemisch geschnitten. Sowohl der Boden, als auch die Ernten wurden auf ihren Stickstoffgehalt untersucht. Die Bilanz zwischen Einnahme und Ausgabe stellte sich wie folgt:

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 70.

Digitized by Google

Düngung	Eingeführter Stickstoff			Wiedergefundener Stickstoff			Stickstoff-Gewinn + u. -Verlust —
	im Boden	im Dünger	Total	im Boden	in den Ernten	Total	
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
1. Ungedüngt	1,56	—	1,56	1,685	0,3658	2,0508	+ 0,4908
2. Mineraldünger (ohne Stickst.)	1,56	—	1,56	1,719	0,3540	2,0730	+ 0,5130
3. Kompleter Dünger (Stickstoff als Salpetersäure)	1,56	0,30	1,86	1,895	0,5163	2,4113	+ 0,5513
4. Mineraldünger u. 20 gr Kalkkarbonat	1,56	—	1,56	1,829	0,3390	2,1680	+ 0,6080
5. Mineraldünger u. 10 gr gelöschter Kalk	1,56	—	1,56	2,042	0,3834	2,4254	+ 0,8654
6. Kompleter Dünger ohne Phosphat	1,56	0,30	1,86	1,599	0,4886	2,0876	+ 0,2276
7. Kompleter Dünger ohne Kali	1,56	0,30	1,86	1,825	0,3110	2,1360	+ 0,2760
8. Stalldünger (mit 0,4 gr Stickstoff)	1,56	0,40	1,96	1,752	0,3754	2,1274	+ 0,1674
9. Stalldünger u. 20 gr Kalkkarbonat	1,56	0,40	1,96	1,857	0,3679	2,2249	+ 0,2649
10. Mineraldünger + Blut (mit 0,4 gr Stickstoff)	1,56	0,40	1,96	1,759	0,5564	2,3154	+ 0,3554
11. Mineraldünger + Blut u. 20 gr Kalkkarbonat	1,56	0,40	1,96	1,523	0,4234	1,9464	— 0,0136
12. Kompletirter Stalldünger	1,56	0,40	1,96	1,716	0,3814	2,0974	+ 0,1374

Es ergab sich somit bei 11 Versuchsreihen unter 12 ein Gewinn des Bodens an Stickstoff und nur in einem Versuch ein Verlust.

Im Jahre 1884 hat Verf. eine neue Reihe von Versuchen eingeleitet, in welchen Sand (von Fontainebleau) statt Thon verwendet wurde. Es wurde wiederum jedes Gefäß, nach Zuführung der Düngemittel, mit Buchweizen beschickt. Auch in diesen Versuchen ergab sich in 11 Fällen ein Gewinn an Stickstoff, der zwar geringer war, als in obigem Versuch, aber doch mit Deutlichkeit hervortrat.

Die von *Berthelot* behauptete Mitwirkung von Mikroorganismen bei dieser Stickstoffbindung glaubt Verf. nicht leugnen zu dürfen, jedoch weist er darauf hin, daß der Thon bei diesem Vorgang nicht allein eine Rolle spiele, sondern daß auch Sand, wie nachgewiesen, zur Stickstoffsammlung beitrage. Der Mitwirkung der Vegetation bei der in Rede stehenden Erscheinung wird vom Verf. keine Rolle beigemessen, obwohl nicht anzunehmen sei, daß die höheren Gewächse nicht dieselben chemischen Verbindungen erzeugen könnten, wie die Mikroben (?). Aber die gefundenen Zahlen lehrten, daß der Topf, welcher die höchste Ernte geliefert, nur einen Gewinn von 0,551 gr Stickstoff ergeben, während die Ernte, welche den höchsten Zuwachs an Stickstoff gegeben hat, nämlich von 0,865 gr, bedeutend geringer gewesen ist; weiter ergab eine Ernte von 12,8 gr sogar einen Stickstoffverlust, wohingegen eine solche von nur 8,8 gr einen Gewinn von 0,216 gr Stickstoff aufwies. Von größerer Wichtigkeit als die Vegetation scheint nach vorliegenden Versuchen die Zusammensetzung des Bodens und des Düngers zu sein. Beispielsweise steigerte der Natronsalpeter die Ernte bedeutend, vermehrte aber den Stickstoffgewinn gar nicht. Dagegen zeigte sich der Kalk nach dieser Richtung von großer Wirksamkeit. Stallmist und Blut verminderten den Stickstoff-

Digitized by Google

zuwachs und machten denselben in einigen Fällen negativ. Bemerkenswerth ist auch der Umstand, daß die Bindung des Stickstoffs sehr bedeutend abnahm, wenn dem Mineraldünger die Phosphorsäure oder das Kali fehlte.

Verf. gelangt schließlich zu dem Schluß, daß die Stickstoffbindung durch den kultivirten Boden ein physiologischer Vorgang sei, einestheils bedingt durch die Mikroorganismen[1]), andererseits durch die lebende Pflanze. Auf jeden Fall sei die Frage noch keineswegs genügend gelöst und deshalb die Anstellung weiterer Versuche erforderlich. *E. W.*

***P. P. Dehérain.* Ueber die Bereicherung eines Grasbodens an Stickstoff.** Annales agronomiques. T. XII. No. 1. S. 17—24.

Im Anschluß an frühere Versuche[2]) wurden solche neuerdings vom Verf. eingeleitet, um weitere Anhaltspunkte über die Stickstoffbereicherung des Bodens bei verschiedenen Kulturen zu gewinnen. Es wurden zu diesem Zweck vom Verf. auf den Parcellen, welche erst Rüben, dann Futtermais, schließlich Esparsette getragen hatten, ein Gräsergemisch ausgesäet. Aus den mit besonderer Sorgfalt ausgeführten Analysen wurde der Stickstoffgewinn und Verlust berechnet. Es stellten sich hierbei folgende interessante Daten heraus:

Kulturen	Zeit der Probenahme	Stickstoffgehalt d. Bodens pro ha in Kilo: Boden 1875, 76, 77 mit Stalldünger gedüngt dann ohne Dünger	Boden ungedüngt
Luzerne 1870—1875	1875	7854	7854
Rüben 1871—1877 / Futtermais 1878	1879	5775	5621
Esparsette 1879—1881	1881	6352	5775
Esparsette 1882—1883 / Gras 1884—1885	1885	6814	6352

Während demnach durch den Bau der Rüben und des Mais eine beträchtliche Verarmung des Bodens stattgefunden hatte, wurde derselbe durch den Anbau von Esparsette und Gras nicht unbedeutend an Stickstoff bereichert. Der betreffende Zuwachs betrug seit 1881: 462 resp. 477 Kil. pro ha.

Um den gesammten Gewinn festzustellen, ist es natürlich nöthig, die durch die Ernten dem Boden entzogenen Stickstoffmengen zu kennen. Es wurden deshalb die Ernten analysirt und dabei gefunden, daß die Stickstoffentnahme auf der gedüngten Parcelle von 1882—1885: 487, auf der ungedüngten 344 Kilo pro ha betrug. Hiernach stellt sich die Berechnung des Gesammtgewinns, wie folgt:

	Stickstoffgewinn durch den Boden	Stickstoffgehalt der Ernten	Totalgewinn an Stickstoff	
			Im Ganzen	pro Jahr
	Kilo	Kilo	Kilo	Kilo
Gedüngter Boden	462	487	949	237
Ungedüngter »	477	344	821	205

[1]) Vergl. *E. Wollny.* Die Thätigkeit niederer Organismen im Boden. Braunschweig 1883. Vieweg und Sohn.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 16—69.

Digitized by Google

Aus diesen Zahlen kann gefolgert werden, daß der Boden des Versuchsfeldes von Grignon sich an Stickstoff bereichert hat, während er mit perennirenden Leguminosen und Gräsern bestanden war.

Die Ursache der Bereicherung beruhe darauf, daß das Ammoniak der Atmosphäre den Stickstoffgehalt vermehre *(Schlösing)*, oder daß der Stickstoff der Luft unter dem Einfluß niederer Organismen fixirt werde (*Berthelot*). Verf. glaubt, daß überdies auch die in den Grundwässern auftretenden Nitrate hierbei eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen. Diese würden, wenn die wasserführenden Schichten nicht zu tief liegen, von den Wurzeln tiefwurzelnder Gewächse aufgenommen oder durch Diffusion nach den nitratärmeren Schichten nach oben geführt. Welches nun auch die Quellen für diese Aufspeicherung stickstoffhaltiger Verbindungen seien, die alte Ansicht der Landwirthe über die Verbesserung des Wiesenbodens werde nach vorliegenden Versuchen bestätigt. *E. W.*

***R. Warington.* Ueber einige Veränderungen, welchen die stickstoffhaltigen Substanzen im Boden unterliegen.** A lecture delivered at South Kensington on 16. April 1883. London. 1883.

In vorliegender Abhandlung liefert Verfasser an der Hand der in Rothamsted angestellten Kulturversuche einen Beitrag zu der Frage über die Herkunft und die Veränderungen der stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile des Bodens. Der Boden des 38 Jahre hindurch mit Weizen bebauten und alljährlich mit denselben Düngemitteln gedüngten Broadbalk-Feldes zeigte folgende Verhältnisse.

Ungedüngt	Mineraldünger	Ammoniaksalze 400 Pfund	Mineraldünger und Ammoniaksalze 200 Pfund	Mineraldünger und Ammoniaksalze 400 Pfund	Stalldünger
Durchschnittlicher jährlicher Ertrag (Körner und Stroh) per Acre, 1852—1881					
℔	℔	℔	℔	℔	℔
2227	2394	3450	3954	5710	5695
Stickstoff, Procente, in den obersten 9 Zoll des Bodens[1])					
0,092	0,098	0,103	0,111	0,121	0,184
Kohlenstoff, Procente, in den obersten 9 Zoll des Bodens[1])					
1,010	1,033	1,095	1,205	1,267	2,132
Stickstoff als Salpetersäure per Acre bis zu 27 Zoll Tiefe des Bodens[1])					
℔	℔	℔	℔	℔	℔
16,3	25,1	33,8	29,4	40,1	51,8

Man sieht deutlich, daß der Gehalt des Bodens an Stickstoff und Kohlenstoff um so höher ist, je reichlicher die Ernte war. Analoge Verhältnisse zeigte der Boden des kontinuirlich mit Gerste bebauten Feldes, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

[1]) Oktober 1881.

Digitized by Google

Ungedüngt	Superphosphat	Ammoniaksalze	Superphosphat und Ammoniaksalze	Rapskuchen	Stalldünger
Durchschnittlicher jährlicher Ertrag (Korn und Stroh) per Acre, 1852–81.					
℔	℔	℔	℔	℔	℔
2150	2604	3609	5368	5243	6040
Stickstoff, Procente, in den obersten 9 Zoll des Bodens[1]).					
0,093	0,090	0,090	0,102	0,123	0,211
Kohlenstoff, Procente in den obersten 9 Zoll des Bodens[1]).					
1,021	0,957	1,026	1,060	1,327	2,486
Stickstoff als Salpetersäure bis zu 27 Zoll Tiefe des Bodens[1]).					
℔	℔	℔	℔	℔	℔
16,9	19,2	22,9	27,6	32,1	45,5

Auch diese Zahlen lassen erkennen, daß der Stickstoffgehalt der Versuchsparzellen mit der Höhe der vorhergegangenen Ernte steigt. Ein hoher Stickstoffgehalt ist aber stets von einem hohen Kohlenstoffgehalt begleitet, weshalb mit Sicherheit geschlossen werden darf, daß der im Boden vorhandene Stickstoff zum größten Theil in derselben Form vorhanden ist, in welcher er sich in den Ernterückständen findet. Der Annahme, daß sich der Stickstoff in Form von Ammoniak, und zwar von demjenigen der Düngungen mit Ammoniaksalzen herrührend im Boden befindet, stehen außer dem vorerwähnten Grunde die Ergebnisse derjenigen Versuche entgegen, welche in Rothamsted über die Zusammensetzung der Drainwässer angestellt wurden. Letztere zeigten, daß das von den Pflanzen nicht assimilirte Ammoniak im Boden in kurzer Frist in Salpetersäure übergeführt wird, welche alsdann einer Auswaschung durch die Drainwässer unterliegt.

Zu den Feldfrüchten, welche am meisten geeignet sind, den Stickstoffvorrath im Boden zu erhalten resp. zu erhöhen, gehören vornehmlich jene, welche die größte Menge von Ernterückständen liefern. Die erste Stelle nehmen in dieser Beziehung permanenter Graswuchs, Klee u. s. w. ein, während auf der anderen Seite als Stickstofferschöpfer die Wurzelgewächse stehen.

Die die Veränderungen der stickstoffhaltigen organischen Stoffe im Boden behandelnden Stellen in vorliegender Abhandlung können hier übergangen werden, weil Verfasser hierbei vornehmlich auf die Drainwasseruntersuchungen in Rothamsted, sowie auf die Arbeiten von *Dehérain* und *Maquenne*, *Gayon* und *Dupetit*, über welche bereits in dieser Zeitschrift referirt wurde, zurückgreift. *E. W.*

***v. Rauner*, Die Dünen, ihre Befestigung und Bewaldung** (russisch). Zeitschr. für Land- und Forstwirthschaft (russisch). 1884. Petersburg.

[1]) März 1882.

Digitized by Google

Der Verfasser behandelt im ersten Kapitel die Eigenschaft, die Entstehung, Bewegung u. s. w. der Dünen. In Bezug auf die Höhe der Dünen an den Ufern der Ostsee mögen folgende Zahlen für die zu Rußland gehörigen Gebiete gelten: In der Nähe von Libau die Dünen: Küppe-Kalus 72 m; Nagge-Kalus 40,5 m; Plikke-Kalus 39,5 m. Im finischen Meerbusen bei Kronstadt finden sich Dünen von 25,2; 23,4 und 15,3 m Höhe (Barometermessungen).

Zur Feststellung der Bewegung der Dünen wurden die Abstände von fünf Kiefern gemessen und das Vorrücken der Düne nach drei Monaten gemessen. Die Auswahl der Bäume erfolgte so, daß die Bewegung der Düne in allen ihren Theilen verfolgt werden konnte. Es ergab sich die auch sonst beobachtete Thatsache, daß die Dünen am raschesten in der Mitte vorschreiten, während an den beiden Flügeln die Bewegung eine viel langsamere ist. Die gefundenen Zahlen sind folgende: 1 Kiefer 0,38 m; 2 Kiefer 0,66 m; 3 Kiefer 0,82 m; 4 Kiefer 0,16 m; 5 Kiefer 0,04 m.

Die folgenden Abschnitte behandeln die physikalischen Eigenschaften des Dünensandes, das Verhalten gegen Wärme, Wasser, Korngröße u. s. w. Ueber die Korngröße theilt Verfasser eine erhebliche Anzahl von Beobachtungen mit. Er bestimmte dieselbe für sechs verschiedene Dünengebiete:

Korngröße	Dünen bei: Systerbeck (unw. Kronstadt)	Narva	Reval	Magnushof (b. Dünamünde)	Windau	Libau
	%	%	%	%	%	%
0,1—0,2 mm	19	51	—	57	4	40
0,2—0,3 »	37	44	4	43	42	53
0,3—0,4 »	21	4	11	—	31	3
0,4—0,5 »	18	1	19	—	20	4
0,5—0,6 »	2	—	19	—	2	—
0,6—0,7 »	2	—	22	—	1	—
0,7—0,8 »	1	—	11	—	—	—
0,8—0,9 »	—	—	7	—	—	—
0,9—1 mm u. mehr	—	—	7	—	—	—
Mittl. Größe d. Sandes	0,29	0,19	0,59	0,18	0,32	0,20

Durch Analyse wurden die in Salzsäure löslichen Bestandtheile festgestellt.

	Systerbeck	Narva	Reval	Dünamünde	Windau	Libau
Unlöslich in Salzsäure	98,03	97,52	98,21	99,21	92,45	98,45
Glühverlust	0,31	0,57	0,44	0,16	0,64	0,28
In Salzsäure löslich:						
Gesammtmenge	1,97	2,48	1,51	0,79	7,55	1,55
Kalkerde	0,128	0,675	0,097	0,092	2,910	0,350
Schwefelsäure	0,023	0,020	0,010	0,030	0,034	0,047
Magnesia	0,085	0,150	0,087	0,055	0,238	0,082
Phosphorsäure	0,040	0,072	0,014	0,013	0,006	0,024
Eisenoxyd u. Thonerde	1,355	0,696	0,826	0,422	0,616	0,531

Digitized by Google

Kieselsäure	Systerbeck	Narva	Reval	Dünamünde	Windau	Libau
1) löslich in Salzsäure	0,046	0,066	0,070	0,023	0,071	0,041
2) löslich in Alkalien	0,725	0,320	0,635	0,465	0,583	0,647
Kohlensäure	0,122	0,355	0,076	0,072	2,178	0,239
Alkalien und Verlust	0,171	0,446	0,330	0,083	1,487	0,236

Es ergiebt sich so, daß im Ganzen der Dünensand kein armer Boden ist, namentlich muß der hohe Kalkgehalt des Windauer Dünensandes auffallen; stehen doch viele Sande des nordischen Flachlandes, die gut bewaldet sind, im Gehalt an löslichen Stoffen erheblich hinter diesen Dünensanden zurück, nur der Wind schafft die Unkultur jener Gebiete. Ist die Bindung der Dünen erst gelungen, so ist der Waldbestand meist erträglich; bisher sind im wesentlichen die Dünen bei Libau und Windau aufgeforstet.

Von Interesse ist auch was der Verfasser über die Vegetation der Dünen mittheilt. Er unterscheidet:

1. Pflanzen zwischen Strand und Vordüne (Halianthus peploides; Kakile maritima).
2. Pflanzen in Dünenkehlen: Thymus serpyllum; Dianthus arenaria; Linaria vulgaris, Hieracium umbellatum, zahlreiche Sumpfpflanzen.
. Die Pflanzen der eigentlichen Dünen. Hier zeigt sich nun an Zahl der Arten ein ganz erheblicher Unterschied. Während die ärmlichen Sande von Reval und Dünamünde fast nur Elymus arenarius und Festuca rubra var. arenaria tragen, finden sich bei Systerbeck noch: Festuca rubra, Calamagrostis epigeios; Aira flexuosa; Empetrum nigrum, Campanula rotundifolia; Arctostaphylos uva ursi; Thymus serpyllum u. A. Selten findet sich Salix acutifolia. Noch zahlreicher ist die Flora von Narva, wo sich außer den meisten der vorgenannten Pflanzen noch finden: Galium verum, Veronica spicata, Gnaphalium dioicum, Astragalus arenarius, Dianthus arenarius, Arabis hirsuta und sehr reichlich Salix acutifolia.

E. Ramann (Eberswalde.)

H. Fischer. **Beitrag zur mechanischen Untersuchung plastischer Körper.** Civil-Ingenieur. 1885. N. F. Bd. XXXI, S. 481.

J. Soyka. **Bakteriologische Untersuchungen über den Einfluß des Bodens auf die Entwickelung von pathogenen Pilzen.** 1. Mittheilung. Bodenfeuchtigkeit und Milzbrandbacillus. Fortschritte der Medicin. Bd. IV. 1886. Nr. 9.

J. B. Lawes und ***J. H. Gilbert.*** **On some Points in the Composition of Soils.** Journ. of the chem. Soc. 1885. Vol. XLVII. p. 380.

E. Laurent. **Les Microbes du Sol.** Recherches experimentales sur leur utilité pour la croissance des végétaux supérieurs. Bull. de l'Acad. R. de Belg. 3. Serie. T. XI. Nr. 2. 1886.

A. A. Schmied. **Die Bodenlehre.** Prag. 1886. Ottomar Beyer.

F. W. Dafert. **Ueber das Wesen der Bodenkunde.** Eine kritische Studie. Landw. Jahrbücher. Bd. XV. 1886. S. 243.

J. Früh. **Kritische Beiträge zur Kenntniß des Torfes.** Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien. 1885. Heft 4 S. 677.

Digitized by Google

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XXXVII. Untersuchungen über den Einfluß des specifischen Gewichts des Saatgutes auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Ueber den Einfluß des specifischen Gewichtes des Saatgutes[1]) auf die Entwickelung und Erträge der Kulturpflanzen ist von *F. Haberlandt*[2]), *Church*[3]), *C. Trommer*[4]), *H. Hellriegel*[5]) und *Ph. Dietrich*[6]) eine Reihe von Untersuchungen angestellt worden, in welchen die Erträge fast ausnahmslos zu Gunsten des specifisch schwereren Saatgutes ausgefallen waren. Indessen kann den Ergebnissen dieser Versuche insofern keine Beweiskraft beigemessen werden, als bei der Herstellung des Saatgutes, welche durch Salzlösungen von verschiedenem specifischen Gewicht bewirkt wurde, auf die absolute Größe der Samen und Knollen keine Rücksicht genommen wurde und in der Mehrzahl der Fälle, sicher in den *Haberlandt*'schen Versuchen, das dichtere Saatgut zugleich das absolut schwerere war, wodurch die Vermuthung nahe gelegt ist, daß die in den Erträgen hervorgetretenen Differenzen nur den Einfluß der zufälligen absoluten und nicht

[1]) Vergl. Saat und Pflege der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen. Handbuch für die Praxis. Von Prof. Dr. *E. Wollny*. Berlin 1885. Paul Parey.

[2]) Böhmisches Centralblatt für die ges. Landeskultur 1866. S. 4. — [3]) Practice with science, London 1865. S. 107. — [4]) *Eldenaer* Jahrbücher 3. S. 92. — [5]) Zweiter Jahresbericht der Versuchsstation Dahme, 1859. S. 71. — [6]) Erster Bericht über einige Arbeiten der agrikultur-chemischen Versuchsstation in Heidau. Kassel 1862. S. 46.

Digitized by Google

den der bestimmten specifischen Schwere der benutzten Samen zum Ausdruck brachten.

Ein zuverlässiges Resultat wird offenbar nur in dem Falle zu erlangen sein, wo die nach ihrem specifischen Gewicht getrennten Saatgutposten eine im Uebrigen, namentlich in Bezug auf Größe und Schwere, gleiche Beschaffenheit besitzen. Untersuchungen, welche diesen Bedingungen entsprechen, wurden vornehmlich von *H. Hellriegel*[1]), welcher die Unzulänglichkeit seiner ersten Versuche späterhin eingesehen hatte, sowie vom Referenten zur Ausführung gebracht.

H. Hellriegel schied aus einer größeren Quantität Gerste Körner ab, deren specifisches Gewicht 1,255, 1,205 resp. 1,150 betrug und suchte aus jeder dieser drei Portionen mit Hülfe der Wage die Samen aus, welche lufttrocken zwischen 32 und 34, im Mittel also 33 mg wogen. Die Kultur wurde in Glasgefäßen, welche mit Sand gefüllt waren, vorgenommen. Letzterer wurde mit Nährstofflösung gedüngt. Das Ernteresultat stellte sich bei je 8 Pflanzen im Mittel von je 3 Gefäßen, wie folgt:

Specifisches Gewicht der ausgesäeten Körner	Ernte Körner Zahl	Körner Gewicht mg	Stroh mg	Je ein Korn der Ernte wog trocken mg
1,255	143	3815	5308	26,7
1,205	159	4372	5938	27,5
1,150	149	3417	4907	23,0

In einem zweiten Versuch wurde in derselben Weise verfahren. Das absolute Gewicht der Körner (Gerste) betrug hier 37 mg.

Specifisches Gewicht der ausgesäeten Körner	Ernte Körner Zahl	Körner Gewicht mg	Stroh mg	Je ein Korn der Ernte wog trocken mg
1,255	174	6490	6188	—
1,205	215	6275	5988	29,2
1,150	228	6664	6374	29,2

[1]) *H. Hellriegel*, Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig 1883. S. 54.

Digitized by Google

In den vom Referenten ausgeführten Versuchen wurden Erbsen von gleicher Größe ausgesucht und durch Salzlösung in specifisch schwere und leichte geschieden. Diese wurden dann auf 25 : 25 cm in Quadratstellung gedibbelt. 64 Pflanzen (pro 4 qm Fläche) lieferten folgende Erntemengen:

Varietät.	Specifisches Gewicht der Saatkörner	Ernte: Körner gr	Stroh gr	Spreu gr
Viktoria-Erbse	größer als 1,310	902,2	1286	97
	kleiner als 1,285	848,8	1334	95
Mai-Erbse	größer als 1,22	720,8	1958	—
	kleiner als 1,19	757,7	2243	—

Die Resultate der von *H. Hellriegel*[1]) mit Kartoffeln in gleicher Richtung ausgeführten zahlreichen Kulturversuche sind zur Beantwortung vorliegender Frage insofern nicht verwerthbar, als die specifisch schwereren Saatknollen in der Regel auch ein höheres absolutes Gewicht hatten und daher der Einfluß der Dichte der Saatknollen auf die Erträge nicht mit Sicherheit eruirt werden konnte. Als Resultat ergab sich übrigens aus diesen Versuchen, daß die specifische Schwere der Saatknollen keinen bemerklichen Einfluß äußerte, weder auf die Entwickelung der daraus hervorgehenden Kartoffelpflanze und deren Ertrag überhaupt, noch auf die specifische Schwere der Knollenernte im Besonderen. Aus letzterem Satz läßt sich im Zusammenhalt mit der Thatsache, daß der Stärkemehlgehalt der Knollen mit dem specifischen Gewicht steigt und fällt, folgern, daß die Hoffnung, eine Kartoffelsorte durch Auswahl specifisch schwerer Saatknollen in ihrem Stärkegehalt erhöhen zu können, illusorisch ist.

In den vom Referenten durchgeführten Versuchen waren die Saatkartoffeln von verschiedenem specifischen Gewicht von möglichst gleicher Größe ausgelesen und in Abständen von 60 : 60 cm angebaut worden. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten:

---

[1]) *H. Hellriegel* a. a. O. S. 101.

Digitized by Google

Varietät	Zahl der Pflanzen	Absolutes Gewicht d. Aussaat gr	Specifisches Gewicht d. Saatknollen	Ernte nach Zahl: große	mittlere	kleine	Summa	Ernte nach Gewicht: große gr	mittlere gr	kleine gr	Summa gr
Scheyern Kartoffeln	22	976	1,15	6	60	308	374	760	4300	8930	13990
1877	„	916	1,05	10	53	317	380	1230	3880	9160	14270
Regensburger Kart.	20	1757	1,17	12	70	197	279	2330	5990	7520	15840
1877	„	1649	1,08	8	64	191	263	1440	6220	8380	16040
Gleason-Kartoffeln	12	1720	1,097	10	48	90	148	1500	3510	2340	7350
1878	„	1605	1,075	5	52	67	124	1015	4245	2225	7485
Rothe runde Kart.	12	1225	1,115	13	68	118	199	1580	5480	2160	9220
1877	„	1162	1,100	8	54	143	205	1060	3990	4820	9870
Regensburger Kart.	12	1803	1,105	7	58	125	190	1137	5067	4625	10829
1878	„	1784	1,090	5	43	135	183	722	3697	4820	9239

Aus diesen verschiedenen Daten läßt sich die Schlußfolgerung ableiten, daß das specifische Gewicht des Saatgutes bei annähernd gleicher Schwere der einzelnen Reproduktionsorgane auf die Menge und Güte der Ernteprodukte keinen bemerkbaren Einfluß ausübt.

Um ermessen zu können, ob das specifische Gewicht des Saatgutes, gleiche Größe und Schwere desselben vorausgesetzt, überhaupt sich von Wirkung auf das Pflanzenwachsthum erweisen werde, hat man vor Allem die Beziehungen der Dichte zu der stofflichen Zusammensetzung der Reproduktionsorgane in das Auge zu fassen. Nach den hierüber vorliegenden Untersuchungen wird mit Bestimmtheit angenommen werden können, daß die Unterschiede in dem specifischen Gewicht nicht auf die Menge der im Samenkorn enthaltenen werthbildenden Stoffe zurückgeführt werden können, sondern vornehmlich durch den anatomischen Bau und durch die Art der stofflichen Einlagerung bedingt sind. Aus diesem Grunde wird aus der Höhe des specifischen Gewichtes der Werth des Saatgutes hinsichtlich der Produktionsfähigkeit der aus demselben sich entwickelnden Pflanzen nicht festgesetzt werden können; denn es ist ganz und gar von der Organisation des Samenkornes abhängig, ob dasselbe bei höherem oder niederem specifischen Gewicht die größere Menge der das Pflanzenwachsthum fördernden Stoffe in sich einschließt. Es wird daher aus einem speciellen Fall, in welchem ein höheres specifisches Gewicht des Saatgutes eine bessere Entwickelung der Pflanzen veranlaßt hat, nicht

Digitized by Google

die Schlußfolgerung abgeleitet werden dürfen, daß hier eine Gesetzmäßigkeit zu Grunde liege. Das höhere specifische Gewicht wird nur unter der Bedingung, daß es durch eine reichlichere Menge von werthvollen Reservestoffen hervorgerufen wird, oder daß die betreffenden Reproduktionsorgane gleichzeitig mit anderen vorzüglichen Eigenschaften ausgestattet sind, dem Wachsthum und dem Produktionsvermögen der Pflanzen Vorschub leisten. Die in dieser Richtung sich geltend machenden Erscheinungen lassen sich am besten an dem glasigen und mehligen Weizen, sowie an den rauh- und glattschaligen Kartoffeln einer und derselben Varietät demonstriren.

Den ersteren Fall anlangend, so ist durch die bisherigen Beobachtungen der Beweis geliefert worden, daß die glasigen Weizenkörner ein höheres specifisches Gewicht besitzen, als die mehligen. So fand z. B. *Nowacki:*

	Absolutes Gewicht (100 Körner)	Specifisches Gewicht
mehlige Körner	4,7570 gr	1,3533
glasige „	5,0139 „	1,4264

In den Versuchen des Referenten stellten sich die betreffenden Unterschiede, wie folgt, heraus:

		Gewicht von 100 Körnern	Volumen	Specifisches Gewicht
Cujavischer Weizen	mehlige Körner	3,23 gr	2,345 ccm	1,3772
	glasige „	3,41 „	2,390 „	1,4265
Kaiser-Weizen	mehlige Körner	4,53 „	3,314 „	1,3666
	glasige „	4,69 „	3,284 „	1,4283

Die aus diesen Zahlen sich ergebenden Unterschiede in dem specifischen Gewicht sind auf Grund der mikroskopischen Untersuchung darauf zurückzuführen, daß die Stärkekörner in den glasigen Zellen durch stickstoffhaltige Zwischensubstanz dicht und fest an einander gefügt sind, während sich zwischen den Stärkekörnern der mehligen Körner mit Luft erfüllte Hohlräume befinden. Daß die Unterschiede in dem specifischen Gewicht glasiger und mehliger Körner durch die Art der stofflichen Einlagerung und nicht durch die Qualität der das Endosperm zusammensetzenden Bestandtheile bedingt sind, ergiebt sich einfach aus der Thatsache, daß die glasigen Körner von den specifisch leichteren

Digitized by Google

Eiweißsubstanzen (1,297) größere, von dem schwereren Stärkemehl (1,53) geringere Mengen enthalten als die mehligen Früchte und demnach leichter sein müßten wie diese.

Wie von *Nowacki* dargethan wurde, kommt der vergleichsweise höhere Stickstoffgehalt der glasigen Früchte den aus denselben sich entwickelnden Pflanzen nicht unwesentlich zu statten, indem diese ein kräftigeres Wachsthum aufzuweisen haben, als diejenigen, welche von mehligen Körnern abstammen. Somit war in diesem Falle das durch Einlagerung von Eiweißstoffen hervorgerufene höhere specifische Gewicht des Saatkornes mit einer Erhöhung des Produktionsvermögens der betreffenden Pflanzen verbunden gewesen.

Bezüglich des zweiten oben angedeuteten Beispiels ist anzuführen, daß bei manchen Kortoffelsorten, deren Knollen eine rauhe Schale besitzen, nicht selten in manchen Jahren in größerer Menge glattschalige Knollen auftreten. Untersucht man beide Sortimente auf ihr specifisches Gewicht, so zeigen letztere ein niedrigeres specifisches Gewicht und dem entsprechend einen geringeren Stärkemehlgehalt als erstere. In den mit einer größeren Zahl von Knollen vom Referenten angestellten Untersuchungen wurde das specifische Gewicht, welches bei jeder einzelnen Kartoffel festgestellt wurde, im Mittel wie folgt gefunden.

Varietät.	Rauhschalige Knollen.	Glattschalige Knollen.
1874. Regensburger Kartoffel	1,108	1,092
1874. Sächsische Zwiebel- „	1,111	1,098
1875. Regensburger „	1,112	1,101
1875. Sächsische Zwiebel- „	1,101	1,085

Mit den untersuchten Knollen wurden demnächst Anbauversuche gemacht, deren Resultate aus den folgenden Tabellen erhellen (I rauhschalig, II glattschalig).

1875.

Kartoffelsorte		Größe der Parzelle	Bodenraum pro Pflanze	Zahl der Pflanzen	Saatquantum	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht			
						große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
		qm	qcm		gr					gr	gr	gr	gr
Sächsische Zwiebel	I	7,2	3600	20	1000	17	40	174	231	2462	3410	6206	12078
	II	»	»	»	1012	8	22	196	226	1082	1523	6140	8745
Regensburger	I	7,2	3600	20	1920	17	30	29	146	2330	2840	5310	10480
	II	»	»	»	1912	11	28	127	166	1410	2342	5632	9384

Digitized by Google

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß die Ernte von rauhschaligen Saatknollen quantitativ und qualitativ besser ist als die von glattschaligen.

Ohne näheres Eingehen auf die sonstigen Unterschiede in der Beschaffenheit des Saatgutes könnte man sich veranlaßt fühlen, die Ursachen der hervorgetretenen Ertragsdifferenzen in dem verschiedenen specifischen Gewicht, resp. Stärkegehalt des Saatgutes zu suchen. Eine solche Annahme würde indessen den thatsächlichen Verhältnissen wohl nur zum Theil entsprechen, da die Unterschiede in den Stärkemengen der Saatkartoffeln relativ nicht bedeutend sind und die Dichte der Saatknollen bei gleicher Beschaffenheit derselben nach den oben mitgetheilten Versuchen in den Erträgen nicht zum Ausdruck gelangt.

Es müssen daher in dem angezogenen Falle andere Ursachen mitgewirkt haben, und diese sind in der von den Eigenschaften der Varietät abweichenden Beschaffenheit der glattschaligen Knollen zu suchen. Während nämlich die Knollen der sächsischen Zwiebel- und der Regensburger Kartoffel von mehr kugeliger Gestalt, waren die abgesonderten glattschaligen Kartoffeln dieser Varietäten länglich und trugen somit die Zeichen der Ausartung an sich. Da nun letztere gewöhnlich aus inneren Ursachen mit einer Verminderung des Ertragsvermögens verknüpft ist, so lassen sich ungezwungen die in vorbezeichneten Versuchen hervorgetretenen Differenzen auf diese Verhältnisse zurückführen. Dazu kommt, daß die ausgearteten Knollen eine größere Zahl von Augen hatten als die rauhschaligen, wodurch nach anderweitigen Erfahrungen[1]) die Produktionsfähigkeit der von ihnen stammenden Pflanzen ebenfalls eine Beeinträchtigung erfahren mußte.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß ein höheres specifisches Gewicht des Saatgutes, wenn dasselbe durch vermehrte Einlagerung werthvoller Stoffe bedingt oder mit sonstigen für die Pflanzenentwickelung günstigen Eigenschaften verknüpft ist, allerdings für die Ertragshöhe belangreich werden kann. Aus solchen in den Nebenumständen genauer bekannten Fällen wird aber keine allgemeine Regel abgeleitet werden dürfen, da nach Obigem das specifische Gewicht auf die stoffliche Zusammensetzung oder sonstige Beschaffenheit des Saatgutes[2]) keine Schlußfolgerungen zu-

[1]) Vergl. *E. Wollny*, Saat und Pflege etc. S. 117.

[2]) Mit Ausnahme der Kartoffeln, bei welchen bekanntlich im Durchschnitt der Stärkemehlgehalt mit dem specifischen Gewicht der Knollen steigt und fällt.

Digitized by Google

läßt und daher dasselbe bei geringerer Dichte werthvollere Einschlüsse besitzen kann als bei größerer.

Im Allgemeinen wird angenommen werden können, daß die durch das specifische Gewicht hervorgerufenen Unterschiede in den Reservestoffmengen gleich großer und schwerer Reproduktionsorgane von Pflanzen, die auf einem und demselben Felde gewachsen sind, in der Regel nur gering sein werden. In diesem Falle wird die procentische Zusammensetzung des gewonnenen Saatgutes mit wenigen Ausnahmen die gleiche sein und demgemäß bei gleicher absoluter Schwere und demselben Wassergehalt die absolute Menge der eingeschlossenen Baustoffe trotz verschiedener Dichte der betreffenden Organe selbstredend keine Unterschiede aufzuweisen haben. Bei gleicher Größe, d. h. bei demselben Volumen wird unter gleichen Bedingungen zwar das Saatgut um so größere Mengen von Reservestoffen enthalten, je höher dessen specifisches Gewicht ist, aber die bezüglichen Differenzen werden nur geringe sein können, da die Dichte nur unbedeutenden Schwankungen unterliegt. Aus diesen Verhältnissen erhellt in Rücksicht auf die Abhängigkeit des Pflanzenwachsthums von den im Saatgut enthaltenen Reservestoffmengen, daß das specifische Gewicht des Saatgutes für das Wachsthum und die Erträge der Kulturgewächse, wie die Eingangs mitgetheilten Versuchsergebnisse hinlänglich darthun, ohne Bedeutung ist.

Daß die Erträge mit dem specifischen Gewicht des Saatgutes in keinerlei Zusammenhang stehen, daß dieselben sich aber streng richten nach dem absoluten Gewicht der Reproduktionsorgane, geht namentlich recht schön aus den citirten *Hellriegel*'schen Versuchen hervor. Es mögen daher die besonders lehrreichen Beispiele hier eine Stelle finden.

Varietät	Specifisches Gewicht der Saatknollen.	Absolutes Gewicht der Saatknollen.	Ernte pro Parcelle
		gr	gr
Englische Rostbeafkartoffel	1,090	1503	9075
	1,060	2005	10855
Rothe von Lastig . . .	1,107	1793	11730
	1,070	2105	12030
Mausekartoffel	1,085	1628	7390
	1,063	1688	7200

Digitized by Google

Varietät	Specifisches Gewicht der Saatknollen.	Absolutes Gewicht der Saatknollen.	Ernte pro Parcelle
		gr	gr
Frühe niedrige rothe . .	1,087	3405	14295
	1,060	2700	12090
Große Orange	1,078	5222	13880
	1,062	4000	11235
Weißfleischige Zwiebel .	1,106	2525	12205
	1,063	1390	9900

Bei Betrachtung dieser Zahlen wird man keinen Augenblick im Zweifel sein können, daß der voranstehende Ausspruch über den Werth des specifischen Gewichtes für die Beurtheilung der Saatgutqualität vollberechtigt ist.

Was schließlich die vielfach verbreitete Ansicht betrifft, daß das specifische Gewicht an sich ohne Berücksichtigung der Größe und Schwere des Saatgutes für das Ertragsvermögen maßgebend sei, so geht bereits aus den bisher angeführten Daten die Unhaltbarkeit derselben hervor. Daß das specifische Gewicht des Saatgutes als solches in keiner gesetzmäßigen Beziehung zuder Höhe des Ertrages stehen kann, ergiebt sich schon aus der einfachen Erwägung, daß dasselbe ein relatives Verhältniß (das des Volumens zur Schwere) und keine absolute Größe ausdrückt. Aus diesem Grunde ist das specifische Gewicht an sich für die Menge der in den Reproduktionsorganen auftretenden Reservestoffe, von welchen das ganze Wachsthum der Pflanzen beherrscht wird, völlig belanglos. Ein kleines Samenkorn kann zwar unter Umständen ein höheres specifisches Gewicht als ein großes besitzen, aber die größere Dichte kommt dem ersteren hinsichtlich der absoluten Menge der Baustoffe nicht zu Gute, wie deutlich aus nachstehenden Zahlen ersichtlich ist.

Digitized by Google

	100 Körner enthalten in Gramm:							
	Roggen		Raps		Erbsen		Erbsen[1])	
	große Körner	kleine Körner	große Körner	kleine Körner	große Körner	kleine Körner	große Körner	kleine Körner
SpecifischesGewicht	1,3869	1,3918	1,0393	1,1141	1,4005	1,4127	1,342	1,360
Absolutes Gewicht	2,93 gr	1,12 gr	0,554 gr	0,336 gr	43,1 gr	11,5 gr	37,2 gr	15,7 gr
Wasser	0,305	0,122	0,031	0,020	5,086	1,609	4,970	1,524
Eiweißstoffe . . .	0,496	0,192	0,097	0,064	11,939	4,074	9,364	3,701
StickstofffreieStoffe	2,029	0,824	0,093	0,060	22,671	7,511	22,484	7,961
Fett			0,274	0,157			1,468	0,524
Rohfaser	0,060	0,043	0,036	0,023	2,069	0,899	1,677	0,957
Asche	0,057	0,027	0,022	0,013	1,293	0,420	1,038	0,388

Auch in diesen Zahlen spricht sich keine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Dichte und der stofflichen Zusammensetzung der Samenkörner aus, dagegen ergiebt sich mit voller Deutlichkeit, daß die absolute Schwere in geradem Verhältnisse zu der Menge der werthbildenden Bestandtheile des Saatgutes steht und daß diese daher bei Beurtheilung der Güte des letzteren allein in Betracht kommt.

Als Endergebniß folgt aus dieser Darlegung, **daß das specifische Gewicht der Reproduktionsorgane auf die Erträge der Kulturpflanzen keinen merklichen Einfluß ausübt.**

[1]) Nach *G. Marek*'s Untersuchungen.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

M. Westermaier. **Zur physiologischen Bedeutung des Gerbstoffs in den Pflanzen.** Sitzgsber. der Berl. Akad. d. Wiss. Sitzung vom 3. Dezember 1885. Mit einer Tafel.

Anknüpfend an die Beobachtungen *Pringsheim*'s u. A. über das Auftreten von Gerbstoff in den Chlorophyllkörpern gewisser Algen verfolgt Verf. das Auftreten von Gerbstoff im assimilirenden Gewebe der Blätter im vegetationskräftigen Zustande und in der Vorbereitung zum Abfall. Für die Assimilationszellen zahlreicher Arten wurde Gerbstoffreaktion gefunden, jedoch enthalten nicht allein diese, sondern auch die Gefäßbündelscheiden und zahlreiche Elemente des Leptoms und Hadroms Gerbstoff. Herbstlich verfärbte Blätter sind an Gerbstoff verarmt. Ringelung hat Anhäufung von Gerbstoff in den Blättern zur Folge. Verf. ist geneigt, dem Gerbstoff eine größere physiologische Bedeutung zuzuschreiben, und nimmt speziell an, der Gerbstoff müsse bei manchen Pflanzen als Assimilationsprodukt betrachtet werden und bewege sich von hier aus in die übrigen Pflanzentheile. *C. K.*

G. Volkens. **Zur Flora der ägyptisch-arabischen Wüste.** Sitzgsber. des Berl. Akad. d. Wiss. Sitzung vom 28. Januar 1886.

In dieser vorläufigen Mittheilung berichtet Verf. über einen Theil der Beobachtungen, die er bei längerem Aufenthalte in Aegypten an den Pflanzen der Wüste, namentlich in anatomisch-physiologischer Beziehung gemacht hat. Die Vegetationsbedingungen sind ja dort so extremer Natur, daß man erwarten muß, an der Wüstenflora ganz besondere Anpassungen zu finden.

„Salz, Hitze und Wassermangel sind die Elemente der Wüste." Jene Arten, deren Dauer auf die Regenzeit beschränkt ist, haben gut entwickelte Blätter von zartem Bau, mit nicht tief gehenden Wurzeln. Die länger ausdauernden Pflanzen entwickeln oft ungemein lange, senkrecht abwärts wachsende Wurzeln. Besonders interessant ist die Coloquinthe, welche große zarte Blätter hat und trotzdem mit Hilfe der enormen Wurzellänge den ganzen Sommer über ungeschädigt vegetirt. Bei manchen Erodien sind die Wurzeln stellenweise angeschwollen. Verf. hält diese knolligen Bildungen für wasserspeichernde Organe, welche einen Theil des Wassers für die Blätter hergeben. — Reaumuria hirtella ist ein kleiner Strauch, dessen Blätter während und unmittelbar nach der Regenzeit ein hygroskopisches Salzgemisch ausscheiden, was ihnen die Möglichkeit schafft, in der folgenden Periode der Dürre die in der Luft dampfförmig vorhandene Feuchtigkeit tropfbar flüssig niederzuschlagen und für ihr Fortbestehen zu verwerthen. Uebrigens kommen ähnliche Fälle in der Wüstenflora öfter vor.

Als Schutzmittel gegen übermäßige Transpiration dient die Reduzirung der Verdunstungsflächen, Einrollung und Rundung der Blätter, Wachsbedeckung, Ausfüllung des Lumens mit Celluloseschleim, vielleicht auch Gerbstoffablagerung, besonders in den Epidermiszellen, die (todten) Haare vermindern die Filzbedeckung, die Transpiration, Erwärmung und Abkühlung, sie befördern die Fixirung des nächtlichen Thau's. Die Sekretion ätherischer Oele, deren Dämpfe innerhalb des

Digitized by Google

Haargewirrs festgehalten werden, vermindert gleichfalls die Absorption und Emission der Wärmestrahlen.

Bei vielen Wüstenpflanzen finden sich wasserspeichernde Elemente. Theils ist die Epidermis dieser Funktion angepaßt, besonders auffällig bei Mesembryanthemum mit den bekannten großen Blasen, welche die Pflanzen auf lange Zeit mit Wasser versorgen, bis die Samen gereift sind, theils finden sich Wasserreservoire im Innern der Blätter und Stengel, öfter in ganz besonderer Weise ausgebildet, z. B in den cylindrischen Blättern oder Internodien von Zygophyllum, Salsola-Arten u. s. w., wo sich concentrische Schichten mächtigen Speichergewebes um den Gefäßbündelstrang lagern, außen von einem dünnen Belag assimilirender Zellen nebst Epidermis bedeckt. *C. K.*

P. P. Dehérain u. L. Maquenne. **Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité.** Ann. agron. T. XII (1886) No. 4. p. 145—199.

Verff. stellten sich zur Aufgabe, zur exakten Ermittelung des Gaswechsels der Pflanzen, des Verhältnisses zwischen absorbirtem Sauerstoff und abgegebener Kohlensäure, durch vorgängige genaue Prüfung der anzuwendenden Methoden zu gelangen. Mit Ausbildung und Prüfung dieser beschäftigt sich die vorliegende Abhandlung vorzugsweise, außerdem enthält dieselbe zahlreiche kritische Ausführungen gegen die Untersuchungen von *Bonnier* und *Mangin*, welche gleichfalls das Verhältniß $\frac{CO_2}{O}$ zu ermitteln versucht hatten. Bezüglich der Beschreibung und Kritik älterer und neuerer, den Verff. eigenthümlicher Methoden muß auf das Original verwiesen werden, und sei hierüber bloß Folgendes bemerkt.

I. Die analytischen Bestimmungsmethoden der bei diesen Untersuchungen in Betracht kommenden Gase, Sauerstoff und Kohlensäure.

II. Die Untersuchungsmethoden, kritisch erläutert.

1. Die Methode des begrenzten Luftvolums. Die Pflanzen verweilen in einem bekannten Luftvolum, dessen Zusammensetzung vor und am Schluß des Versuchs ermittelt wird. Diese Methode ist von den meisten Beobachtern angewandt, wird aber gleichwohl von den Verff. sehr beanstandet und namentlich wegen der Kohlensäureabsorption für die unexakteste erklärt.
2. Die Methode der beständigen Lufterneuerung. Durch den Apparat circulirt beständig ein Strom kohlensäurefreier Luft. Aber diese Methode gestattet zwar die produzirte Kohlensäuremenge, nicht das Verhältniß $\frac{CO_2}{O}$ zu ermitteln.
3. Die Methode von *Mayer* und *Wolkoff*. Diese, wobei die abgesperrte Atmosphäre durch absorbirende Mittel kohlensäurefrei gehalten wird, ist vorzüglich.
4. Die Methode der Anwendung luftleeren Raumes. Diese wurde hauptsächlich benützt und besteht darin, daß die Gase der Versuchsblätter bei Beginn des Versuchs ausgepumpt werden; nach dem Verweilen der Blätter in einem abgesperrten Luftvolumen wird das Auspumpen wiederholt und die Zusammensetzung der durch die Athmung veränderten Luft bestimmt.

Digitized by Google

5. Die Compensationsmethode. Diese wurde neben der vorigen angewandt. Die Blätter befinden sich in einem Glasbehälter, dem von Zeit zu Zeit Luftproben zur Analyse entnommen werden, während von Außen wieder normale Luft zum Ersatz des entzogenen Luftvolums eintreten kann. Auf die Gase, welche die Blätter absorbiren, braucht bei dieser Methode keine Rücksicht genommen zu werden, da sich ein Gleichgewichtszustand zwischen den absorbirten Gasen und jenen der äußeren Luft herstellt.

Eine Methode, welche die Innenluft der Blätter außer Acht läßt, liefert unbrauchbare Resultate, da das so ermittelte Verhältniß $\frac{CO_2}{O}$ nur scheinbar dem reellen entspricht und je nach den Umständen, die auf die Kohlensäureabsorption durch die Blätter einwirken, sich ändert. Namentlich wechselt das Verhältniß mit der Menge der im Apparate vorhandenen Blattsubstanz, mit der auch die Kohlensäureabsorption steigt, z. B.:

Dichte der Füllung (Verhältniß des Blattgewichts zur Volumeinheit des Apparats):

Temperatur	35°			0°		
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$
$\frac{CO_2}{O}$	1.16	1.19	1.23	1.02	1.10	1.08.

Die von den Blättern zurückgehaltene Kohlensäure ist im Zellsaft gelöst, und führt auch die Besprechung der Löslichkeitsverhältnisse zur Aufklärung abweichender Versuchsergebnisse.

In Anwendung dieser Methode geben Verff. vorerst die folgenden Sätze:

1. Das Verhältniß $\frac{CO_2}{O}$ ist unabhängig von der Dauer des Aufenthalts der Blätter im Dunkeln.
2. Es ist in sehr weiten Grenzen unabhängig von dem Partiärdruck des Sauerstoffs und der Kohlensäure in der umgebenden Atmosphäre.
3. Es wächst mit der Temperatur. Im Mittel ergab sich:

	Evonymus japonicus		Pinus silvestris		Pinus austriaca	
Temperatur	35°	0°	35°	0°	35°	0°
$\frac{CO_2}{O}$	1.20	1.07	1.05	0.92	1.06	0.88.

4. Wie aus den mitgetheilten Werthen zu ersehen, überschreitet das Verhältniß $\frac{CO_2}{O}$ gewöhnlich die Einheit.

Eine Absorption von Stickstoff während der Respiration der Blätter fand nicht statt. *C. K.*

L. Brasse. **Dissolution de l'amidon dans les feuilles.** Annal. agron. T. XII (1886), No. 4, p. 200—203.

Die Blätter enthalten ein diastatisches Ferment, welches unter gewissen Bedingungen nicht verkleisterte Stärke in reduzirenden Zucker umzuwandeln vermag. Bei 50 und 57° tritt keine Verzuckerung ein, wohl aber bei 34° und 42°. Höherer als Atmosphärendruck scheint die Umbildung der nicht verkleisterten

Digitized by Google

Stärke zu befördern. Die Menge der angewendeten Stärke ist ohne Einfluß auf die Stärke der Umbildung, nur wird die Grenze, welche eine Funktion der Verdünnung ist, rascher erreicht. Fügt man Wasser zu, so setzt sich die Umbildung fort, der Zucker nimmt der Volumvermehrung entsprechend zu. Deutlich ergiebt sich der Einfluß des bereits gebildeten Zuckers auf die Umbildung der übrigen Stärke, wenn der Zucker in dem Maße seiner Bildung durch Dialyse gleich entfernt wird: die Verzuckerung nimmt zu. *C. K.*

***G. Schröder.* Ueber die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen.** Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen Bd. II. Heft 1, p. 1—52.

Während die Körper der Phanerogamen und Gefäßkryptogamen (mit wenigen Ausnahmen) durch Austrocknung getödtet werden, vertragen jene niederer Pflanzen vielfach ein vollständiges Austrocknen an der Luft und zum Theil selbst über Schwefelsäure sehr gut. Es handelt sich meist um Anpassungserscheinungen, welche selbst bei nahe verwandten Pflanzen in verschiedenem Maße ausgebildet sind und die Aufmerksamkeit schon vieler Forscher beschäftigt haben. Verf. liefert eine sorgfältige Zusammenstellung dieser Daten, mehrfach durch eigene Versuche bereichert. Indem wir bezüglich der älteren Angaben auf das Original verweisen, entnehmen wir an der Hand der Inhaltsübersicht den Versuchen des Verf. das Folgende.

Phanerogamen und Gefäßkryptogamen.

1 cm langen turgescenten Endsprossen von Sedum elegans konnten bis 75.3% ihres Frischgewichts durch Verdunstung entzogen werden, ohne daß sie ihre Lebensfähigkeit einbüßten.

Blätter von Echeveria secunda mit 94.4% Wasser blieben bei einem Verluste von 75.7% = 80.0% des Wassergehalts lebendig; bei einem Verluste von 78.3% = 82.8% des Wasserstoffgehalts starben sie.

Endspitzen von Asperula odorata wurden durch den Verlust von 61.5% ihres Frischgewichts (72.4% des Wassergehalts) nicht getödtet.

Blätter von Parietaria arborea mit 83.7% vertrugen bis 44.9% Gewichtsverlust ohne abzusterben; selbst bis 50% Verlust tödtete sie erst theilweise.

Fuchsiablätter mit 88.8% Wasser ertrugen ohne Schaden 35 und 36% Wasserverlust; bei 54 und 50% gingen sie in ihrem oberen Theil, bei 61.4% zur Hälfte, bei 77.5% gänzlich zu Grunde.

Blätter von Limnanthemum nymphaeoides mit 87.3% Wasser litten nicht durch bis 62% Abnahme; bei 68.2% starben sie halb, bei 80.6% Gewichtsverlust ganz.

Wurzeln von Maiskeimlingen wurden durch eine Wasserabnahme von 63.7 bis 70.8 theilweise, durch eine solche von 74.9 oder 76.7 gänzlich vernichtet.

Samen.

Von einigen Getreidearten wurden unreife Aehren gesammelt und an der Luft getrocknet, theilweise unter den Exsiccator über Schwefelsäure gebracht. Obwohl die Samen noch nicht die Hälfte des Trockengewichts reifen Samens erlangt hatten, keimten die lufttrockenen Körner doch sämmtlich, ebenso nach 11 und 12 Wochen Aufenthalt im Exsiccator. Hier-

Digitized by Google

durch hatte Gerste nur etwa 1, Spelz 2, Triticum durum 0.5% Wasser behalten. Die Gerstenkörner keimten 2 Tage nach dem Befeuchten fast alle, die übrigen einige Tage später; bei Spelz begann die Keimung nach 3 und schloß nach 6 Tagen. Weizen keimte langsam und zu verschiedener Zeit, die letzten erst nach 27 Tagen. — Nur bei ganz jungen Stadien von Gerste und Weizen, wo die Keimung noch mehr verzögert war, hatten die Körner zum Theil die Keimfähigkeit verloren.

Sporen der Gefäßkryptogamen.

Lebermoose.

Laubmoose.

Mit diesen hat Verf. verschiedene Versuche angestellt. Die Moose sind theilweise außerordentlich widerstandsfähig gegen Austrocknung.

Algen.

Schizophyceen.

Pilze.

Flechten.

Spaltpilze.

In den Zellen getrockneter (nicht getödteter) Pflanzen wurde das Auftreten von Luft beobachtet.

Die Ursachen der Resistenz gegen die weitgehendste Wasserentziehung sind unbekannt, es wird sich aber vor Allem um specifische Eigenschaften des Protoplasmas handeln.

Ob die Wasserentziehung rascher oder langsamer geschieht, hat dann großen Einfluß, wenn die gewöhnlichen vegetativen Zellen durch Austrocknen vernichtet werden und nur Dauerzustände persistiren, die sich erst beim langsamen Austrocknen bilden können. Im Uebrigen aber, bei Organismen, die überhaupt der Austrocknung fähig sind, scheint es ohne Belang zu sein, ob die Wasserentziehung langsam oder rasch eintritt, wenigstens sprechen hierfür die Versuche des Verf. mit Oscillaria und Grimmia. Ebenso beobachtete er keinen Unterschied, ob die ausgetrockneten Objekte rasch oder langsam mit Wasser versehen wurden, wie dies für gewisse Fälle angegeben wird.

Der Nutzen der Resistenz gegen Austrocknung ist deutlich: die betreffenden Spezies können sich an Standorten erhalten, die wegen häufigen Feuchtigkeitsmangels für andere unbewohnbar sind; außerdem sind die ausgetrockneten Organismen auch gegen andere äußere Einflüsse, wie extreme Temperaturen, weit weniger empfindlich, wodurch ihre Lebensdauer verlängert wird. Bei einigen Samen, Sporen und Ruhezuständen ist vorübergehende Austrocknung nothwendige Bedingung der Weiterentwickelung. *C. K.*

O. Warburg. **Ueber die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprozess der Pflanzen** (speziell der sogenannten Fettpflanzen). Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen. Bd. II. Heft 1, p. 53—150.

Nachdem von verschiedenen Forschern die Säurebildung in den Pflanzen, besonders Fettpflanzen, neuerdings in Untersuchung genommen, aber nicht zur Klarheit und Uebereinstimmung der Thatsachen und Schlüsse geführt worden war, mußte es wünschenswerth erscheinen, diesem Gebiete fortgesetzte Arbeit zu widmen. Wenn auch zur Zeit noch in vielen Punkten hypothetische Ausführungen vor-

Digitized by Google

herrschen, gelang es doch dem Verf. in vielen Punkten Aufklärung zu schaffen und den thatsächlichen Bestand wesentlich zu erweitern.

Ueber die vorläufige Mittheilung des Verf. ist bereits in dieser Zeitschrift referirt.[1]) Der Abhandlung selbst, welche mit der Litteraturübersicht und Kennzeichnung des derzeitigen Standpunktes beginnt, sei Folgendes entnommen.

I. Eine fundamentale Bedeutung hat es, festzustellen, ob die Prozesse der Säurebildung und Säurezersetzung nur zeitweise oder immer, je für sich, oder mit einander vorkommen. Das Maximum der Säurezunahme im Dunkeln lag in den Versuchen des Verf. bei ca. 13° C; bei 0° und 38° findet kaum mehr Säurezunahme statt. Es ist ganz unwahrscheinlich, daß das Optimum und Maximum so tief liegt; man muß annehmen, daß gleichzeitig Entsäuerung stattfindet, welche, mit steigender Temperatur stärker werdend, der Ansäuerung entgegenwirkt. Zwischen Entsäuerung und Säureabnahme ist wohl zu unterscheiden; die Säureabnahme ist nur die Resultante aus An- und Entsäuerung. — Auch die Ansäuerung ist nicht auf die Nacht beschränkt; sie dauert viel länger als eine Nacht, unter Umständen tagelang und findet auch im Lichte statt, so daß z. B. im schwächeren Lichte Blätter von Fettpflanzen über Tage säurereicher werden können. — Je nach Temperatur, Ernährungszustand, vorangegangener Beleuchtung überwiegt bald die An-, bald die Entsäuerung, und resultirt hieraus Säurezu- oder Abnahme.

II. Die Säureabnahme im Licht.

1. Welche Pflanzen zeigen die Säureabnahme im Lichte?

Verglichen werden nicht die Unterschiede der Blätter im Säuregehalte am Morgen und Abend, sondern während gleicher Zeit Tag über dunkelgehaltene und beleuchtete Blätter, unter Vermeidung des Fehlers, der in der sehr energisch auf Säurezersetzung hinwirkenden Erwärmung durch die Sonnenstrahlen liegt.

Die Säureabnahme im Lichte kann als allgemeine Eigenthümlichkeit der Fettpflanzen angesehen werden. Aber auch sonst findet sich bei Arten der verschiedensten Familien der Dikotylen, Monokotylen, Gymnospermen, Cycadeen, Farne die gleiche Erscheinung. Die Pflanzen, welche sich so verhalten, stellen eine gewisse gleichartige Vegetationsform dar, beruhend auf einer demselben Zweck zustrebenden Anpassung: Es sind mehr oder weniger alles Pflanzen mit speziellem Schutze gegen die Transpiration. Im Uebrigen aber ist es unrichtig, Säureabnahme im Lichte allen Pflanzen zuzuschreiben.

2. Bedingungen der Lichtentsäuerung.

Chlorophyllose Theile (Früchte, Blüthen, farbige Blätter, Wurzel, Knollen, Wassergewebe, etiolirte Theile) haben keine Lichtentsäuerung.

Der rothe Theil des Spektrums ist an der Entsäuerung stärker betheiligt als der blaue, obwohl auch in diesem Säureabnahme stattfindet.

Die Säureabnahme geschieht auch bei Kohlensäuremangel. Bei höherem Kohlensäuregehalt findet für gewöhnlich Säureabnahme im Lichte bei den Fettpflanzen nicht mehr statt. Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre braucht nicht so hoch zu steigen, daß die Blätter hiedurch leiden. Nur die Assimilation wird schon durch einen Kohlensäuregehalt von 12% fast völlig gehemmt, ebenso gleichzeitig die Lichtentsäuerung.

---

[1]) Bd. VIII. p. 391.

Digitized by Google

Alle diese Bedingungen deuten darauf hin, daß die Lichtentsäuerung mit der Chlorophyllfunktion in Beziehung steht.

3. Worin besteht nun das Verhältniß der Lichtentsäuerung zur Assimilation?

Nach Allem bleibt die Annahme, daß die Entsäuerung im Lichte in indirekter Weise in den Assimilationsprozeß verflochten ist. Verfasser stellt auf, daß der bei der Assimilation gebildete Sauerstoff Ursache der Entsäuerung ist. Sowohl die experimentellen Ergebnisse als die Einschränkung des Vorkommens der Lichtentsäuerung auf gewisse Pflanzen sprechen dafür. Der Schutz gegen Transpiration schützt auch gegen starken Gasaustausch. In den Fettpflanzen herrscht relativer Sauerstoffmangel, so daß in ihnen Produkte der intramolekularen Athmung auftreten und die ausgepumpte Luft sauerstoffarm ist. Dieser Sauerstoffmangel hört zur Zeit der Beleuchtung auf, womit die Säurezersetzung beginnt. In Wasserstoff, im luftleeren Raum, in ausgekochtem Wasser u. s. w. geht die Entsäuerung nicht so vollständig und schnell vor sich wie in gewöhnlicher Luft. Die Sauerstoffwirkung bei der Säurezersetzung könnte eine direkte oder indirekte sein, d. h. letzterenfalls auf einer Förderung des allgemeinen Stoffwechsels beruhen.

III. Der Entsäuerungsprozeß überhaupt und der Einfluß des Sauerstoffs auf denselben.

1. Bei Fettpflanzen. Die allgemeine Säureabnahme steht mit dem Lebensprozeß in Beziehung und ist von der Gegenwart des Sauerstoffs in hohem Grade abhängig. Diese vom Lichte unabhängige Entsäuerung wird durch Sauerstoffentziehung gehindert oder sehr geschwächt, umgekehrt begünstigt, wenn man die Hindernisse gegen Sauerstoffzutritt vermindert.

2. Bei den Pflanzen überhaupt. Außer den Fettpflanzen zeigen auch andere z. B. Begonia, Vitis, Portulaca, Rheum u. s. w. im Dunkeln und in der Wärme Säureabnahme, ohne daß dies aber allgemeines Gesetz ist. Wo sie eintritt, ist sie an keinerlei Schutzeinrichtungen gegen die Transpiration geknüpft und ebenso wenig an die Chlorophyllfunktion. Die Wirkung der Wärme wird so zu erklären sein, daß durch die hiedurch gesteigerten Lebens- und Athmungsprozesse ein größerer Theil der Säure in den Stoffwechsel hineingezogen wird als bei gewöhnlicher Temperatur. Bei Früchten ging die Säureabnahme auch bei Sauerstoffabschluß vor sich, sie ließ sich durch Abhaltung des Sauerstoffs nicht unterdrücken, wenn sie auch durch Sauerstoffzutritt gefördert wird. Dieser Unterschied im Verhalten der Fettpflanzen und Früchte wird so erklärt: Bei den Fettpflanzen ist die intramolekulare Athmung sehr gering, bei den Früchten sehr stark. Bei letzteren wird die freiwerdende Energie genügen, die Säure in den Stoffwechsel hineinzuziehen, was bei den Fettpflanzen erst bei Mitwirkung des Sauerstoffs möglich ist.

IV. Der allgemeine Prozeß der Ansäuerung der Fettpflanzen im Dunkeln.

Wahrscheinlich ist die Ursache der nächtlichen Säurebildung die durch das Licht (auch durch die blaue Hälfte des Spektrums) vermehrte Zuckerbildung. Warum die Beleuchtung in den Fällen, wo die Assimilation ausgeschlossen ist, den Zucker vermehrt, ist noch unklar. Vielleicht handelt es sich um Bildung von Zucker aus unlöslichen Kohlenhydraten resp. um eine durch das Licht vermehrte Fermentwirkung; deßwegen braucht aber die Säure in der Nacht nicht

Digitized by Google

direkt aus dem Zucker hervorzugehen, der Zucker könnte auch indirekt durch Beschleunigung des Stoffwechsels die Säurebildung befördern. Bei anhaltendem Aufenthalt im Dunkeln wird die disponible Zuckermenge abnehmen, hiermit die Bildung der Säure; der Verbrauch würde das Uebergewicht erlangen.

Sauerstoffabschluß schwächt diese Ansäuerung ganz beträchtlich. Der Sauerstoffbedarf scheint aber gering zu sein, Ueberschuß sogar hinderlich, da dieser die Entsäuerung befördert. In einer durch Wasserstoff verdünnten Luft findet eine größere Produktion statt als in gewöhnlicher Atmosphäre; in reinem Sauerstoff ist sie geringer.

V. Beziehungen des Säurewechsels zu den volumetrischen und chemischen Veränderungen der umgebenden Atmosphäre.

Die Fettpflanzen vermehren am Tage ihre Atmosphäre und vermindern sie in der Nacht, unter Aufnahme resp. Abgabe von Sauerstoff. Diese Volumänderungen gehen der Säureab- und Zunahme genau parallel, dasselbe zeigt sich bei der Säureabnahme bei längerer Verdunkelung resp. Erwärmung.

Nachdem solch inniger Zusammenhang zwischen Volum- und Aciditätsänderungen bei den einem periodischen Säurewechsel unterliegenden Pflanzen stattfindet, wird auch darauf zu verweisen sein, daß vielleicht ein großer Theil der in der Athmungslitteratur bekannten Beispiele, wo das Verhältniß $\frac{CO_2}{O} < 1$, auf die Säurevermehrung innerhalb der Pflanze zurückzuführen sei.

Die Säuren der Fettpflanzen bezeichnet Verf. als Produkte unvollständiger Oxydation und versucht von demselben Gesichtspunkte ausgehend das Auftreten und Verhalten der Säuren auch für Pflanzen ohne periodischen Säurewechsel verständlich zu machen. Als Faktoren, welche für die Säurevertheilung maßgebend sind, werden angeführt: Die Säureproduktion ist proportional der Intensität des Stoffwechsels und dem Schutze gegen Sauerstoffzutritt; der Säureconsum der Intensität des Stoffwechsels, der Zugänglichkeit für den atmosphärischen Sauerstoff und der Temperatur. *C. K.*

L. Errera. **Ein Transpirationsversuch.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. IV Heft 2 p. 16—18.

Um die Nothwendigkeit offener Gefäßlumina für die Wasserbewegung zu beweisen, wurden Zweige (Vitis vulpina) theils in Luft, theils unter Wasser, theils unter einer auf 33° erwärmten Masse aus 20 Theilen Gelatine und 100 Theilen Wasser, durch Tusche gefärbt, abgeschnitten. Letztere wurden rasch in kaltes Wasser gestellt und die Schnittfläche erneuert. Ebenso kamen die anderen in Wasser zu stehen, die gelatinirten welkten nach wenigen Stunden, die anderen blieben tagelang frisch. *C. K.*

J. Böhm. **Ueber die Ursache des Mark- und Blattturgors.** Botanische Zeitung 1886. Nr. 15.

Diese sieht Verf. nicht in der allgemein anerkannten Wirkung osmotischer Kräfte, im hydrostatischen Druck, sondern in der Quellung der Zellwände. „Der Blattturgor ist ebensowenig durch endosmotische Wirkung des Zellinhalts, sondern durch Membranspannung verursacht wie der Markturgor."

Markstücke der Stengel von *Helianthus* und *Nicotiana* nahmen in verdünnten Zucker- und Salpeterlösungen frisch sowohl wie etwas getrocknet an Gewicht zu, be-

Digitized by Google

sonders während der ersten Stunden. In hochprocentigen Lösungen trat vorübergehend eine Gewichtsabnahme, dieser folgend eine lang dauernde Gewichtszunahme ein. Markcylinder von *Nicotiana*, welche beim Trocknen 30—40 pCt. ihres Gewichts verloren hatten, wurden in Wasser und verdünnter Salz- und Zuckerlösung steif, obwohl sie häufig ihr ursprüngliches Gewicht und Länge nicht mehr erreichten. Markcylinder der Sonnenblume wurden in 2proz. Salpeterlösung schwerer und länger; noch nach 7 Tagen hatte Verlängerung stattgefunden. *C. K.*

W. Pfeffer. **Kritische Besprechung von de Vries „Plasmolytische Studien über die Wand der Vacuolen.** Nebst vorläufigen Mittheilungen über Stoffaufnahme. Botan. Zeitung 1886. Nr. 6.

Vergl. diese Zeitschrift Bd. IX. p. 107—109.

Einige Anilinfarben werden in der Zelle aufgespeichert. Bringt man in eine Lösung von Methylenblau (0,001—0,002%) z. B. Trianea bogotensis, so ist nach einigen Stunden der Zellsaft der Wurzelhaare tiefblau gefärbt, in den Zellen der Wurzelepidermis und im übrigen Wurzelkörper sind blaue Körnchen ausgeschieden. Kleine Körnchen bilden sich auch in den Blättern dieser Pflanze, in der Wurzel von Azolla, Euphorbia, Peplus u. s. w. In allen diesen Fällen bleibt das Protoplasma ungefärbt und bewahrt seine volle Lebensthätigkeit. „Die Pflanzen speichern aus stark verdünnten Lösungen schnell eine große Menge Methylenblau auf, auch wenn dies in Lösung bleibt." Eine solche Anhäufung von Methylenblau kommt vielen, aber nicht allen Pflanzen zu. Dabei werden entweder präformirte Körnchen gefärbt oder es entsteht mit im Zellsaft gelösten Stoffen ein Niederschlag oder eine lösliche Verbindung, die sich unter Umständen in Krystallen ausscheiden kann. — Beim Weiterwachsen der gefärbten Objekte und Vermehrung der Zellen findet eine Vertheilung der Körnchen resp. gefärbten Lösung auf die Tochterzellen statt. Andere Objekte entfärben sich allmählig. Auch aus den anderen Objekten läßt sich durch verschiedene Mittel, z. B. verdünnte Citronensäure, der Farbstoff ohne Schädigung des Lebens wieder entfernen.

Die Bedingungen zur Aufnahme des Methylenblaus und einiger anderer Farbstoffe müssen aus einer Wechselwirkung zwischen Plasmamembran und Methylenblau entspringen. Vermöge solcher vermögen sich die Moleküle zwischen die Micelle der Plasmamembran einzudrängen und so ihren Weg in das Protoplasma und von diesen in den Zellsaft zu finden.

J. Reinke. **Photometrische Untersuchungen über die Absorption des Lichtes in den Assimilationsorganen.** Botan. Zeitung 1886. Nr. 9—14.

Die Abhandlung bezieht sich auf die Methoden der Bestimmung der Absorptionsspektren gefärbter Pflanzentheile und giebt Beobachtungen über derartige Spektren selbst.

I. Ueber subjektive Absorptionsbänder.

Häufig werden die Absorptionsbänder eines Farbstoffs ohne Weiteres als Absorptionsmaxima angeführt. Dies trifft aber nur für einen Theil der Absorptionsbänder (Absorptionsbänder erster Ordnung) zu, z. B. Band I im Chlorophyllspektrum, wie sich photometrisch feststellen läßt. Z. B. Band III des Chlorophyllspektrums dagegen ist kein solches wahres Absorptionsmaximum, es ist ein „Absorptionsband zweiter Ordnung". Die letzteren entstehen durch Contrastwirkung benachbarter

Digitized by Google

Spektralbezirke in unserem Auge. Für physiologische Zwecke ist das Photometer unentbehrlich. Zur Charakterisirung der Farbstoffe kann man den Extinktionscoëffizienten für verschiedene Spektralbezirke bestimmen, womit man Constanten (die optischen Lokalconstanten) erhält.

II. Die Farbenänderung der Chromatophoren beim Absterben.

a. Versuche mit grünen Assimilationsorganen. Pflanzen mit starksaurem Saft sind wegen Chlorophyllanbildung nicht zu gebrauchen; man nimmt solche mit ziemlich neutralem Safte und tödtet sie durch Aetherdampf. Sie sehen nach dem Tode mehr gesättigt aus, haben einen Stich ins Bläuliche, die lebenden ins Gelbliche. Es ist nicht möglich, einen Chromatophor zu tödten ohne Veränderung des Pigments, dies zeigen auch die photometrischen Bestimmungen.

b. Versuche mit braunen und rothen Assimilationsorganen. Diese führen zu demselben Schlusse. Das Phaesphyll und Rhodophyll (die Pigmente der lebenden Chromatophoren) erleiden Veränderungen. Die Fucaceen und ähnliche werden grün, die Florideen bekommen orangerothe Fluorescenz, wobei sich die Lichtabsorption des Farbstoffs vermindert. Später werden sie grün unter Schwächung des Fluorescenz. In lebendem Zustande ist vielleicht eine lockere Verbindung der rothgefärbten Atomgruppen mit den Molekülen einer Proteinsubstanz vorhanden, welche erstere sich beim Absterben abspalten.

III. Die Lichtabsorption des farbigen Bestandtheils lebender Chromatophoren.

a. Die Absorption des Chlorophylls. Hierzu dienten verschiedene grüne Algen, dann dünne Blätter einiger Phanerogamen, diese nöthigenfalls mit Wasser injicirt.

Ein Absorptionsmaximum liegt im Roth (zwischen λ 682 und λ 683, zwischen den Fraunhoferschen Linien B und C nahe an B). Von da fällt die Größe der Absorption gegen die Mitte des Spektrums, wo eine Region minimaler Absorption sich im Grün zwischen λ 580 und 535 und zwischen D und E sich ausdehnt. Von λ 530 an erhebt sich die Absorption zu einem zweiten Maximum, welches kurz vor F beginnt und langsam bis gegen das ultraviolette Ende ansteigt. Die Absorptionscurve des lebenden Pflanzenkörpers ist der Chlorophyllcurve höchst ähnlich und stimmt mit der *Engelmann*'schen Absorptionscurve grüner Zellen im Ganzen überein.

Obiges gilt zunächst für den Thallus von Monostroma latissimum, traf aber auch für die andern Versuchspflanzen zu.

Nach Tödtung durch Aetherdampf änderten sich die Absorptionsverhältnisse: die Absorption nahm im Gelbgrün zu, im Blaugrün ab, im Roth (im ersten Absorptionsmaximum) blieb sie constant.

Die Curve des alkoholischen Extraktes von Monostroma ergiebt einen ähnlichen Verlauf wie diejenige des Chlorophylls; in Band II ist kein physiologisch in Betracht kommendes Absorptionsmaximum vorhanden. Hauptsächlich kommt Bd. II durch Contrastwirkung zu Stande, und für III gilt dasselbe.

b. Die Absorption des Phäophylls. Die Absorptionscurve hat eine überraschende Aehnlichkeit mit der Chlorophyllcurve, ohwohl die beiden Farbstoffe für das Auge total verschieden sind. Nur ist im Phäophyll die Absorption des Orange (zwischen λ 660 bis λ 640) etwas geringer, das Grün und Gelb etwas

Digitized by Google

stärker, und auch im Blaugrün und Blau zeigen sich Abweichungen. Die alkoholischen Auszüge von braunen und grünen Algen (Phyllitis und Monostroma) stimmen fast vollkommen überein, es färben sich auch die betreffenden braunen Algen in Alkohol grün. — Die Absorptionscurven der getödteten Gewebe von Phyllitis und Monostroma stimmen ebenfalls fast völlig überein.

c. Die Absorption des Rhodophylls. Die Curve weicht von den vorigen wesentlich ab. Sie hat ein erstes Absorptionsmaximum im Roth, welches mit dem des Chlorophylls übereinstimmt. Von diesem fällt die Curve auf ein Minimum (λ 680–595), welches weiter ins Orange hinein verschoben ist als im Chlorophyll. Darauf steigt die Absorption zu einem zweiten Maximum im Grün, welches zugleich das Hauptmaximum der ganzen Curve ist, beträchtlicher als dasjenige im Roth. Der Scheitel des zweiten Maximums liegt bei λ 568, zwischen D und E. Dann sinkt die Curve zu einem zweiten Minimum zwischen E und F bei λ 517, erhebt sich zu einem dritten Maximum von F bei λ 499, um von da langsam gegen ein drittes Minimum bei G abzufallen. Diese starke Absorption des Grün und das starke Sinken derselben gegen das Violett unterscheiden vorzugsweise das Rhodophyll vom Chlorophyll und Phäophyll.

Der alkoholische Auszug ist chlorophyllgrün und gleicht einem ebensolchen Auszug grüner Blätter mit theilweiser Chlorophyllanbildung, womit auch das Ergebniß der spektralanalytischen Prüfung übereinstimmt. Der Zellsaft mariner Florideen reagirt ziemlich sauer.

Dem Farbstoff, den man aus Florideen durch kaltes Wasser erhält (Phykoerythrin), fehlt im Vergleich zum Rhodophyll das erste Maximum im Roth. Die Absorption des Rhodophylls im Blatt setzt sich zusammen aus der Wirkung der Chlorophyll- und der Phykoerythrin-Gruppe.

Als vorläufige Vorstellung vom Auftreten der Assimilationspigmente im lebenden Plasma giebt Verf. Folgendes. Als Chlorophyll ist eine in den lebenden Chromatophoren enthaltene Verbindung von sehr hohem Molekulargewicht zu bezeichnen, welche aus einem farblosen, zu den Proteinkörpern zählenden und einem farbigen Atomcomplex besteht, die locker zusammenhängen. Der farbige Complex gliedert sich in einen grünen und einen gelben Theil. Bei der Assimilation lagert sich CO_3H_2 der Eiweißgruppe in lockerer Bindung an. Die Atome der Eiweißgruppe werden durch einfallendes Licht in Vibrationen versetzt, die zur Zertrümmerung von CO_3H_2 und Ausscheidung von O_2 führen, die hierzu erforderliche Intensität aber erst durch die Absorption der Pigmentgruppen erhalten. Bei Abtödtung der Zellen erleidet das Chlorophyllmolekul durch Zerfall in die farblose und in die farbige Atomgruppe eine Veränderung. Aehnlich könnten Phäophyll und Rhodophyll fungiren, beziehungsweise ihrerseits aus einer Eiweißgruppe und farbigen Bestandtheilen zusammengesetzt sein. *C. K.*

J. Reinke. **Die Methode des Spektrophors und Herr Timiriazeff.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. III. Heft 10. p. 376–387. Polemisches und Kritisches.

R. Keller. **Ueber den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Struktur der Pflanzen.** Kosmos 1886. I. Bd. III. Heft.

G. Karsten. **Ueber die Anlage seitlicher Organe bei den Pflanzen.** Leipzig. *W. Engelmann.*

Digitized by Google

J. Dufour. **De l'influence da la gravitation sur les mouvements de quelques organes floraux.** Arch. des sc. phys et nat. III. Période. T. XIV Nr. 11. 1885.

V. Jodin. **Untersuchungen über das Chlorophyll.** Comptes rendus. T. CII. p. 264.

P. Regnard. **Ueber die Wirkung des Chlorophylls auf die Kohlensäure außerhalb der Pflanzenzelle.** Ibid. T. CI. p. 1293.

G. Bonnier und ***L. Mangin.*** **Wirkung des Chlorophylls in ultravioletten Strahlen.** Ibid. T. CII. p. 123.

J. H. Gilbert. **Ueber einige Bedingungen für die Entwickelung und Thätigkeit des Chlorophylls.** Chem. News. Vol. LII. p. 263.

K. Lehmann. **Ueber die Wirkung der Alkalien auf den respiratorischen Stoffwechsel.** Landw. Versuchsstationen. Bd. XXXI. 1885.

A. Emmerling. **Ueber die Eiweißbildung in der grünen Pflanze.** Ibid.

Digitized by Google

III. Agrar-Meteorologie.

Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt der Waldluft.

Von Professor Dr. **E. Ebermayer** in München.

In einer kürzlich erschienenen Broschüre: «Die Beschaffenheit der Waldluft und die Bedeutung der atmosphärischen Kohlensäure für die Waldvegetation» Stuttgart, *Ferd. Enke* 1885, habe ich durch zahlreiche im Walde und auf freiem Felde durchgeführte Luftanalysen den Nachweis geliefert, daß der Kohlensäuregehalt der Waldluft nicht wesentlich verschieden ist von dem der freien atmosphärischen Luft. Auf Grund dieser analytischen Ergebnisse war ich auch zu dem Schlusse berechtigt, daß zwischen dem Sauerstoffgehalt der Waldluft und dem der freien Atmosphäre kein bemerkenswerther Unterschied sein kann, da zwischen Kohlensäureverbrauch und Sauerstoffabgabe in den assimilirenden Blättern eine bestimmte Beziehung in der Weise besteht, daß für je ein Volumen aufgenommene Kohlensäure nahezu ein gleiches Volumen Sauerstoffgas an die atmosphärische Luft abgegeben wird. Obgleich größere Waldcomplexe mithin ganz entschieden Stätten vermehrter Sauerstoffproduktion bilden, wird doch mitten in diesen großen natürlichen Sauerstofffabriken den Menschen keine sauerstoffreichere Luft zur Athmung dargeboten als auf freiem Felde. Viele Leser werden die Richtigkeit dieses Satzes um so mehr bezweifeln, als bisher selbst in vielen medicinischen Schriften gerade auf die wohlthätige Wirkung der «sauerstoffreichen Waldluft» auf den menschlichen Organismus besonderer Werth gelegt wurde. Alle Zweifel verschwinden aber, wenn man die Frage eingehend kritisch beleuchtet und die verschiedenen Faktoren in's Auge faßt, welche den Sauerstoffgehalt der Waldluft beeinflussen.

Digitized by Google

Vor Allem machen sich die meisten Menschen eine übertriebene Vorstellung von der Sauerstoffproduktion der Wälder. Dieselbe findet eine natürliche Grenze in der den Bäumen zur Verfügung gestellten und in den Blättern verarbeiteten Kohlensäure. Bekanntlich sind aber in 10,000 Volumtheilen Luft im Mittel nur 3 Volumtheile Kohlensäure enthalten. Selbst wenn der durch die Waldkrone streichende Luftstrom zufolge der assimilirenden Thätigkeit der Blätter am Tage sämmtliche Kohlensäure verlieren würde (was aber niemals geschieht), könnte doch nur ein gleicher Betrag Sauerstoff an die Luft abgegeben werden. Kennt man die Menge Kohlensäure, welche ein Wald zur jährlichen Holz- und Blattproduktion bedarf, so läßt sich die Größe der Sauerstoffproduktion leicht berechnen. In oben erwähnter Broschüre habe ich nachgewiesen, daß ein Hektar Wald während der Vegetationszeit täglich ungefähr 37 Kubikmeter Kohlensäure verbraucht und nahezu die gleiche Menge Sauerstoff an die atmosphärische Luft abgiebt. Was bedeuten aber diese 37 Kubikmeter Sauerstoff gegenüber der gesammten Luftmenge, die in einem Walde sich findet, der eine Ausdehnung von 1 Hektar besitzt und nur 20 Meter hoch ist? Ein solcher Wald enthält allein schon gegen 200,000 cbm Luft, die von der äußeren Atmosphäre nicht abgeschlossen ist, sondern durch Diffusion und durch Wind immer wieder erneuert wird. Nichts ist mehr geeignet, uns eine richtige Vorstellung von der Größe der Sauerstoffproduktion zu verschaffen, als die Thatsache, daß 4 Personen zum Athmen, Kochen und Heizen schon in einem Jahre so viel Sauerstoff verbrauchen, als der Wald pro Hektar jährlich während der Vegetationszeit erzeugt (S. 54 meiner Broschüre).

Abgesehen von dieser geringfügigen Sauerstoffzufuhr im Vergleich zur gesammten Luftmenge eines Waldes, verliert die letztere täglich auch ein bestimmtes Sauerstoffquantum in Folge der Athmung der Bäume. Der Sauerstoffverbrauch zur Unterhaltung des Athmungsprocesses ist zwar geringer als der Kohlensäureverbrauch und die Sauerstoffproduktion bei der Assimilation, aber immerhin ist es zweifellos, daß nicht nur die Blätter, sondern auch die Knospen, Blüthen, reifenden Früchte, die Wurzeln, die keimenden Samen etc. der umgebenden Luft fortwährend Sauerstoff entziehen, der beim Stoffwechsel in der Pflanze eine wichtige Rolle spielt und in allen lebensthätigen (protoplasmahaltigen) Zellen gewisse organische Bestandtheile (Kohlenhydrate) — ähnlich wie beim

Digitized by Google

Athmen der Menschen und Thiere — zu Kohlensäure und Wasser verbrennt. Am Tage wird in den Blättern die Athmung durch den Assimilationsprozeß verdeckt; bei Nacht dagegen, wo wegen Lichtmangels eine Neubildung organischer Stoffe (Assimilation) nicht stattfinden kann, kommt ausschließlich nur die Athmung zur Geltung: Sauerstoff wird aufgenommen und Kohlensäure abgegeben.

Aber nicht nur durch die Athmung der Bäume, sondern auch durch die Verwesung (langsame Verbrennung) der feuchten Laub- und Humusdecke wird im Walde der Luft beständig Sauerstoff entzogen. Diese chemischen Vorgänge wirken einer Vermehrung und Bereicherung der Luft an Sauerstoff stetig entgegen, so daß selbst in einem geschlossenen Glashause trotz üppiger Vegetation keine erhebliche Sauerstoffzunahme der Luft stattfinden kann. Nun steht aber die Waldluft und insbesondere die Luft, welche die Blätter der Bäume umspült und in der sowohl am Tage als Nachts der Gasaustausch vorzugsweise stattfindet, in beständigem Verkehr mit der freien atmosphärischen Luft. Selbst bei voller Windstille muß zufolge der Diffusionsgesetze ein rascher Ausgleich zwischen der freien atmosphärischen Luft und der die Blätter umgebenden Luft stattfinden; bei bewegter Luft (herrschenden Winden) geht diese Vermischung noch viel schneller vor sich, sodaß eine wesentliche Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Waldluft und der Freilandluft unmöglich bestehen kann. Bezüglich des Kohlensäuregehaltes wurde diese Thatsache von mir in genannter Broschüre schon experimentell nachgewiesen; um sie auch hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes zu constatiren, habe ich im vergangenen Herbst (1885) an verschiedenen Orten vergleichende Analysen über den Sauerstoffgehalt der Waldluft und der freien atmosphärischen Luft vorgenommen.

Gewisse Schwierigkeiten und Bedenken verursachte die Auswahl der für diesen Zweck geeignetsten Untersuchungsmethode. Es lag mir vor Allem daran, einen Apparat anzuwenden, der bei geringem Zeitaufwand hinreichend genaue Resultate liefert und so beschaffen ist, daß er leicht transportirt werden kann, um gleich an Ort und Stelle in geeigneten Zimmern die Luftanalysen vornehmen zu können. Unter den zur Zeit bekannten Apparaten liefert das *Bunsen*'sche Eudiometer[1]),

[1]) *Bunsen* „Gasometrische Methoden", 2. Aufl. Dr. *J. Geppert* hat neuerdings die vorzügliche *Bunsen*'sche Methode zur Gasanalyse speciell für physiologische Zwecke etwas abgeändert. Vergl. „*J. Geppert*, die Gasanalyse und ihre physiol. Anwendung." Berlin 1885. Verlag von *Aug. Hirschwald*.

Digitized by Google

dann der im Wesentlichen auf gleichem Princip beruhende eudiometrische Apparat von *Regnault*[1]), ferner das von Prof. *U. Kreusler* in Poppelsdorf verbesserte *Jolly*'sche Kupfereudiometer[2]) und der von Prof. *W. Hempel* in Dresden construirte Apparat (mit pyrogallussaurem Kali als Absorptionsmittel)[3]) die exaktesten Resultate, denn bei sorgfältiger Handhabung derselben lässt sich eine Genauigkeit bis zu 0,01 oder 0,02 pCt. erreichen. Ich konnte aber für meine Zwecke von diesen Methoden, theils wegen der complicirten Einrichtung und Beschaffenheit der Apparate, theils wegen des erforderlichen beträchtlichen Zeitaufwandes keinen Gebrauch machen. Nach sorgfältiger Prüfung verschiedener anderer Methoden entschied ich mich schließlich für die *Lindemann*'sche Phosphorabsorptionsmethode, die in der vorzüglichen «Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industriegase» von Prof. Dr. *C. Winkler* in Freiberg (2. Abthlg. S. 402), dann von Prof. *W. Hempel*, in dessen «Neue Methode zur Analyse der Gase» (S. 45) wegen ihrer außerordentlichen Bequemlichkeit zu Sauerstoffbestimmungen der Luft sehr empfohlen ist.

Die Anwendung des Phosphors zur volumetrischen Bestimmung des Sauerstoffs gründet sich auf die Eigenschaft desselben, schon bei gewöhnlicher Temperatur sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden und 2 Oxydationsprodukte zu liefern (phosphorige Säure und Phosphorsäure), die im Wasser leicht löslich sind. Bringt man daher ein bestimmtes Luftquantum mit überschüssigem feuchten Phosphor in Berührung, so wird der Sauerstoff aus dem Gasgemenge absorbirt und es tritt eine dem Sauerstoffgehalte der Luft entsprechende Volumenverminderung ein. Der fragliche Apparat besteht im Wesentlichen aus einer Meßröhre (*Hempel*'scher Gasbürette) und aus einem Absorptionsapparat (*Hempel*'schen Gaspipette), der mit einem großen Ueberschuß dünner Phosphorstängelchen und im Uebrigen mit Wasser gefüllt ist.

Behufs Sauerstoffbestimmungen wird von der zu untersuchenden Luft in der Gasbürette ein bestimmtes Volumen (70—90 ccm) über Wasser (besser über Quecksilber) abgemessen und dann in den Absorptionsapparat übergeführt, wodurch das Wasser zum Theil verdrängt wird und die

[1]) Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. 73. S. 92.

[2]) Beschrieben in *Thiel*'s „Landwirthschaftliche Jahrbücher" 14. Bd. (1885). S. 333 u. f.

[3]) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, 18. Jahrg. (1885), S. 270.

Digitized by Google

Luft mit den feuchten Phosphorstangen in Berührung kommt. Der Eintritt der Absorption (Oxydation) giebt sich sofort durch die Entstehung weißer Nebel und im Dunkeln durch ein lebhaftes Leuchten kund, mit dessen Aufhören (nach ca. 10 Minuten) auch die Absorption beendet ist. Die durch Oxydation des Phosphors gebildete phosphorige und Phosphorsäure werden im Absorptionsapparat vom Wasser gelöst und aufgenommen. Den verbliebenen Gasrest (Stickstoff) läßt man dann wieder in die Meßröhre zurücktreten und ermittelt die Volumenabnahme, welche dem Sauerstoffgehalte der Luft entspricht.

Entfernt man von Zeit zu Zeit die im Absorptionsgefäße sich bildende Lösung von Phosphorsäure, so bleibt der Apparat Jahre lang wirksam, vorausgesetzt, daß man den Phosphor gegen Einwirkung des Lichtes schützt, damit die Bildung der rothen Modifikation des Phosphors vermieden wird[1]).

Der ganze Apparat läßt sich in einem Kistchen leicht verpacken und auf Reisen mitnehmen, so daß man überall, wo sich ein geeignetes Zimmer findet, die Sauerstoffbestimmungen vornehmen kann.

Allerdings liefert dieses Verfahren schon aus dem Grunde keine so genauen absoluten Resultate wie die oben erwähnten Methoden, weil als Sperrflüssigkeit Wasser verwendet wird, dessen Lösungsvermögen für Gase (Sauerstoff etc.) stets kleine Fehler hervorruft. Wenn aber mit großer Sorgfalt gearbeitet wird, so läßt sich nach einiger Uebung ein Genauigkeitsgrad erreichen, der für den beabsichtigten Zweck genügt. Denn da bei allen Prüfungen auf dieselbe Weise verfahren wurde, erhielt ich ein durchaus vergleichbares Zahlenmaterial. Vor Allem ist zur Erlangung möglichst genauer Resultate nothwendig, daß der Apparat in einem Zimmer aufgestellt wird, das nur geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist; ferner darf das Ablesen des Luftvolumens in der Meßröhre sowohl vor als nach der Sauerstoffabsorption erst nach etwa 5 Minuten, d. h. erst dann vorgenommen werden, wenn der Wasserspiegel seinen Stand nicht mehr ändert. Auch ist es sehr empfehlenswerth, statt Wasser Quecksilber als Sperrflüssigkeit anzuwenden.

Zum Sammeln, Aufbewahren und Transport der zur Untersuchung

[1]) Der Apparat kann von *Oskar Leuner*, Mechaniker des Polytechnikums in Dresden, bezogen werden.

Digitized by Google

bestimmten Luftproben verwendete ich Gasröhren von 100 ccm Inhalt, wie sie neuerdings zur Entnahme von Luftproben für technische Gasanalysen benutzt werden[1]). Das eine Ende derselben ist zur Spitze ausgezogen und durch ein Stückchen Kautschukschlauch mit eingeschobenem Glasstab verschlossen, das andere Ende hat die Gestalt eines Flaschenhalses und auf dieses wird ein weicher Gummistopfen dicht aufgesetzt. Die Probeentnahme im Walde und auf freiem Felde geschah in der Weise, daß das dünnere Ende der geöffneten Glasröhre mit einer Kautschukpumpe in Verbindung gebracht und so lange Luft durchgepumpt wurde, bis ich überzeugt sein konnte, daß dieselbe mit der Probeluft angefüllt ist, worauf sie luftdicht verschlossen wurde.

Um bei Entnahme einer größeren Anzahl von Luftproben Verwechselungen zu vermeiden, sind die Röhrchen numerirt und behufs leichten Transportes in einen zweckmäßig eingerichteten verschließbaren Holzkasten mit Handhabe vertikal eingesetzt.

Diese bequeme Art zum Sammeln und Aufbewahren von Luftproben ist sehr empfehlenswerth, wenn, wie es stets geschah, die Umfüllung der Gasprobe in den Untersuchungsapparat bald erfolgt.

In solchen Fällen, wo die Untersuchung der Luftproben erst nach Wochen und Monaten geschehen kann, ist es besser, dieselben in Glasröhren einzuschmelzen, die bei einem Durchmesser von ca. 25 mm etwa 100 ccm Luft fassen[2]). Sie sind an beiden Enden in etwa 10 mm weite, kurze Röhren ausgezogen, die an ihren Spitzen zu ganz feinen Capillarröhren verengt sind. Zum Transport derselben dient ein verschließbarer Kasten, in welchem die Lagerung derselben nur an 2 Stellen an den kurzen, 10 mm weiten Ansatzröhren erfolgt, so daß sich alle anderen Theile nach dem Schließen des Kastens unverrückbar frei schwebend in demselben befinden. Zur Füllung der Röhren werden dieselben an den Ort gebracht, dessen Luft untersucht werden soll, und dann wird mittelst eines langen Gummischlauches längere Zeit mit dem Munde, besser mit einer Kautschukpumpe oder einem Blasbalg, oder auch mit einem Aspirator, ein Luftvolumen durchgesaugt, was genügt, um den Inhalt der Röhren etwa 20 Mal zu erneuern. Hierauf wird die Röhre an beiden

[1]) Vergl. *Winkler* a. a. O. S. 220.

[2]) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, 18. Jahrg. (1885), S. 275.

Digitized by Google

Enden mit etwas Baumwachs vorläufig geschlossen und dann zugeschmolzen, indem man in hinreichender Entfernung von dem Wachs die Capillaren einen Augenblick in die Flamme einer Kerze oder in eine Weingeistflamme hält und dann das eine Ende der Capillaren abzieht (oder mittelst eines Löthrohrs zuschmilzt). Diese Röhren werden behufs Abführung der Luftprobe in den Untersuchungsapparat dadurch geöffnet, daß man in dem einen der kurzen Röhrenansätze einen Strich einfeilt und denselben unter Quecksilber aufbricht. Es lassen sich dann die Gase mittelst einer Pipette mit Leichtigkeit herausnehmen und untersuchen *(Hempel)*.

Mit den Luftanalysen habe ich gleichzeitig an verschiedenen Orten vergleichende Untersuchungen über den Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Grund- oder Bodenluft im Walde, auf Waldblößen, Wiesen etc. durchgeführt, die in diesem Jahre noch fortgesetzt werden und über die bei einer anderen Gelegenheit berichtet werden wird.

Bevor ich über die Resultate der ausgeführten Luftanalysen Mittheilung mache, erscheint es behufs richtiger Beurtheilung derselben zweckmäßig, einige allgemeine Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der atm. Luft vorauszuschicken, weil derselbe in letzterer Zeit zu vielfachen Discussionen Veranlassung gab, hervorgerufen durch die *v. Jolly*schen Untersuchungen der Münchener Luft.

Da der im Luftmeere enthaltene Sauerstoff das wichtigste und unentbehrlichste Element für die Athmung aller lebenden Geschöpfe auf der Erde ist, so ist es begreiflich, daß man seit der Entdeckung des Sauerstoffs (1776/77) bestrebt war, die Zusammensetzung der Erdatmosphäre so genau als möglich zu erforschen. Die zahlreichen Methoden, welche im Laufe der Zeit zur Bestimmung des Sauerstoffs in Vorschlag gekommen sind, beruhen alle darauf, einem bestimmten Volumen Luft durch leicht oxydirbare Körper den Sauerstoff zu entziehen und aus der Volumenabnahme den Sauerstoffgehalt zu berechnen. Als Absorptionsmittel für Sauerstoff wurden mit mehr oder weniger Erfolg verwendet: Salpetergas (unser jetziges Stickstoffoxyd), Schwefelcalcium (Schwefelleberlösung) Phosphor, mit Stickstoffoxyd gesättigte Eisenvitriollösung, Wasserstoffgas, angefeuchtete Bleischrotkörner, glühendes Kupfer, oder, bei gewöhnlicher Temperatur, nach erfolgter Benetzung mit Ammoniak, alkalische Pyrogallussäurelösung u. a. Der erste Eudiometer (Luftgütemesser) wurde bald nach der Entdeckung des Sauerstoffs von *Fontana* und *Landriani*

Digitized by Google

construirt und als Absorptionsmittel Salpetergas (Stickstoffoxydgas) verwendet. Schon in der letzten Hälfte des Jahres 1781 benützte *Cavendish* in England ein verbessertes «Salpetergas-Eudiometer» zu Luftuntersuchungen. Seit dieser Zeit wurden die Methoden zur volumetrischen Bestimmung des Sauerstoffs mehr und mehr verbessert und vervollkommnet und an den verschiedensten Orten der Erde Luftanalysen vorgenommen. Eine sehr interessante übersichtliche Zusammenstellung des wichtigsten zur Zeit vorliegenden Beobachtungsmaterials mit Angabe der gefundenen minimalen, maximalen und mittleren Werthe, von Prof. *Kreusler* in Poppelsdorf bearbeitet, findet sich in *Thiel*'s «Landwirthschaftliche Jahrbücher» 1885, S. 370 u. f.

Auf Grund der früheren zahlreichen eudiometrischen Messungen, namentlich der Arbeiten *Bunsen*'s und *Regnault*'s hat man bisher als mittleren Sauerstoffgehalt der Luft 20,96 Vol.-Proc. angesehen und allgemein angenommen, daß in dem Verhältniß der beiden Hauptbestandtheile, Sauerstoff und Stickstoff, nur Schwankungen zwischen 20 bis 21 Vol.-Procent vorkommen, und daß — abgesehen von Einflüssen lokalster Natur — der Sauerstoff- und Stickstoffgehalt der Luft auf der ganzen Erde: am Aequator und in den Polarregionen, auf hohen Bergen und in Thälern, über dem Meere und in den Wüsten, zu allen Jahreszeiten und unter den verschiedensten klimatischen Verhältnissen nahezu constant sei und größere Schwankungen als 1, höchstens 2 Zehntelprocent nur ausnahmsweise auftreten.

Diese bisher herrschende Ansicht wurde durch zahlreiche von *v. Jolly* in den Jahren 1875 bis 1877 in München mit peinlicher Sorgfalt ausgeführten Luftuntersuchungen sehr erschüttert, denn er fand sowohl durch Luftwägungen als auch durch Messungen mit dem von ihm construirten sog. Kupfereudiometer in der Münchener Luft fortwährend ansehnliche Schwankungen im Sauerstoffgehalte, die sogar 0,5 Vol.-Proc. erreichten[1]). Die im Jahre 1875 bis 1876 durch Luftwägungen gefundenen größten und kleinsten Sauerstoffgehalte betrugen 20,96 und 20,47 pCt., die im Jahre 1877 mittelst des Kupfereudiometers beobachteten größten Abweichungen lagen zwischen 20,53 und 21,01 pCt., erreichten also in beiden Fällen 0,5 Vol.-Proz. Als mittlerer Sauerstoff-

[1]) *Wiedemann*'s Annalen, N. F. Bd. 6, S. 520.

Digitized by Google

gehalt ergab sich 20,75 Vol.-Proc., eine Zahl, welche hinter fast allen früheren und späteren Beobachtungen zurückbleibt.

Auf Grund dieser Versuchsreihen konnte der Satz der Unveränderlichkeit in der Zusammensetzung der Atmosphäre nicht mehr aufrecht erhalten werden, um so weniger, als später auch *W. Morley* in Amerika und *Hempel* in Dresden die Existenz solcher Schwankungen wenigstens zum Theil bestätigten. *W. Morley* hat in seiner Heimath (in Hudson, Ohio) vom Dezbr. 1878 bis April 1879 mit dem von *Frankland* und *Ward* verbesserten *Regnault-Reiset*'schen Wasserstoff-Eudiometer bei 27 Proben als äußerste Grenzwerthe 20,45 und 20,98 pCt. (Differenz 0,53 pCt.), bei 20 Proben aber als Maximum 20,97, als Minimum 20,85 pCt., mithin nur eine Differenz von 0,12 Proc. gefunden[1]). Sehr beachtenswerth ist, daß *Morley* bei seinen späteren Versuchen (Jan. 1880 bis April 1881) mit einem vervollkommneteren Apparat als äußerste Extreme 20,867 und 21,004, mithin als größte Schwankung nur 0,137 pCt. nachweisen konnte.

W. Hempel in Dresden hat mit dem S. 93 seiner „Neuen Methode zur Analyse der Gase" beschriebenen Apparate (wobei er pyrogallussaures Kali als Absorptionsmittel verwendet) im Herbst 1877 an 5 verschiedenen Tagen Schwankungen von 0,20 pCt., im April und Mai 1879 bei 9 Proben Differenzen von 0,61 pCt., in der Zeit vom 22. bis 30. Juli 1883 mit dem S. 127 seines Buches beschriebenen Apparate dagegen nur Schwankungen bis zu 0,15 pCt., vom 8. November bis 24. Dezember 1884 mit einem neuen, aus den 2 erwähnten Apparaten kombinirten Instrumente Differenzen bis zu 0,204 pCt.[2]) und im Februar und März 1885 mit demselben verbesserten Apparat unter Einhalt peinlicher Sorgfalt bei 46 Analysen als Maximum 20,971, als Minimum 20,877, folglich als größte Schwankung nur 0,094 pCt., und als Mittelzahl 20,93 pCt. gefunden[3]).

Aus diesen Daten geht hervor, daß *Morley* und *Hempel*, obgleich sie nach ganz verschiedenen Methoden gearbeitet haben, notorisch um so geringere Schwankungen im Sauerstoffgehalte der Luft nachweisen konnten, je bessere und vervollkommnetere Apparate sie zu den Analysen ver-

---

[1]) Naturforscher, 1882, S. 71

[2]) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, 18. Jahrg. (1885), S. 267.

[3]) Deßgl. S. 1800.

Digitized by Google

wendeten und mit je größerer Sorgfalt dieselben durchgeführt wurden[1]). Aber trotzdem glaubte man doch im Hinblick auf die *Jolly*'schen Messungen die Möglichkeit größerer Schwankungen an einzelnen Orten nicht anzweifeln zu dürfen, und es wurden nicht nur von *Jolly*, sondern namentlich auch von *Morley*[2]) von *A. Vogler*[3]) und *Hempel*[4]) verschiedene Hypothesen über die Ursache der Schwankungen des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre aufgestellt.

In jüngster Zeit hat aber Professor *U. Kreusler* in Poppelsdorf eine höchst werthvolle und interessante Arbeit veröffentlicht, in welcher er auf Grund einer ausgedehnten Versuchsreihe zu wesentlich anderen Ergebnissen gelangte, als *von Jolly*[5]). Denn *Kreusler* hat vom 1. Januar 1883 bis 15. Februar 1884 eine große Anzahl von Sauerstoffbestimmungen mit einem verbesserten *Jolly*'schen Kupfereudiometer ausgeführt und gefunden, daß die Schwankungen im Sauerstoffgehalte stets gering sind und als äußerste Grenzen sich durchgehends innerhalb 20,867 und 20,991 pCt., ja, wenn man von vereinzelten Fällen absieht, lediglich zwischen 20,88 und 20,94 pCt. bewegen. Das aus 99 Beobachtungen des Jahres 1883 berechnete Mittel beträgt 20,911 pCt.

Ein Vergleich dieser Zahlen mit allen anderen zur Zeit vorhandenen zuverlässigen Luft-Analysen führte *Kreusler* zu dem Schluß, „daß die früher allgemein herrschend gewesene Annahme einer innerhalb enger Grenzen konstanten Zusammensetzung der atmosphärischen Luft thatsächlich noch zu Recht besteht".

Wenn man in der That berücksichtigt, daß *Morley* in Amerika mit seinem verbesserten Apparate im Mittel 20,949
Hempel in Dresden „ „ 20,929
Regnault und *Reiset* (1847—1848) in Paris „ „ 20,964

---

[1]) Bekanntlich haben auch die neueren, mit vollkommneren Methoden ausgeführten Analysen bezüglich des Kohlensäuregehaltes der Luft gegenüber den älteren Angaben eine größere Gleichmäßigkeit (geringere Schwankungen) und einen geringeren Gehalt ergeben (vergl. meine Broschüre über „die Beschaffenheit der Waldluft").

[2]) Naturforscher 1882, S. 71.

[3]) Meteorol. Zeitschr. 1882, S. 175; Naturforscher 1882, S. 245.

[4]) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1885, S. 268.

[5]) „Landwirthschaftliche Jahrbücher", herausgegeben von Dr. *H. Thiel*, 1885, S. 305 u. f.

Digitized by Google

Bunsen (1846 u. 1847) in Marburg im Mittel 20,943
Breslauer in Brandenburg a. H. „ „ 20,934 pCt. Sauerstoff fand, so spricht die große Uebereinstimmung dieser Mittelzahlen mit den von *Kreusler* gefundenen Mittelwerthen und zusammengehalten mit zahlreichen anderen Ergebnissen guter Methoden mit Entschiedenheit für die Annahme, daß die Luft immer und allenthalben eine sehr gleichmäßige Zusammensetzung besitzt, und daß die von *Jolly* gefundenen niederen Mittelzahlen und ansehnlichen Schwankungen des Sauerstoffgehaltes auf einer in der Untersuchungs-Methode begründeten Fehlerquelle beruhen müssen, was auch von *U. Kreusler* nach vielen Versuchen constatirt wurde[1]).

Der *Jolly*'sche Apparat besteht im Wesentlichen aus einem Eudiometergefäß, das mit einem empfindlichen Quecksilbermanometer (oder nach *Kreusler*'s Abänderung zweckmäßiger mit einem guten Barometer) in communicirender Verbindung steht. Die zur Analyse bestimmte Luft kommt, nachdem sie durch mit conc. Schwefelsäure getränkte Bimssteinstückchen und durch Aetzbaryt von Wasserdampf und Kohlensäure vollständig befreit worden ist, in das Eudiometergefäß, wo ihr durch eine (mit Hilfe

[1]) Wie wenig in der Regel selbst in bewohnten verschlossenen Räumen das Sauerstoffverhältniß sich ändert, wird aus folgenden Angaben ersichtlich:

1. *Gay-Lussac* und *Humboldt* fanden im Jahre 1804 im Parterre des Théâtre français gegen Ende der Vorstellung den Sauerstoffgehalt der Luft nur auf 20,4 bis 20,2 pCt. vermindert.
2. *Configliachi* hat 1811 in verschlossenen Räumen 20,2 bis 20,6 pCt. Sauerstoff nachgewiesen.
3. Nach *R. A. Smith* betrug der Sauerstoffgehalt im Parterre eines Theaters
   Abends 11½ h 20,74,
   auf der Gallerie daselbst 20,36%.
4. *U. Kreusler* fand am 17. Febr. 1883 in der Luft eines Zimmers, in welchem ab und zu Menschen verkehrten und mehrere Gasflammen brannten, bei 2 Versuchen 20,849 und 20,841 Proc. Sauerstoff, am 23. Mai 1884 in einem kleinen, doch gut ventilirten Zimmer, woselbst 3 Personen zeitweise rauchend sich aufhielten, 20,865 Proc. Sauerstoff.
5. Am 13. September 1885 entnahm ich auf dem Hirschbühel in einem Zimmer, in welchem 3 Personen schliefen, Morgens 7 Uhr eine Luftprobe, die 20,35 Proc. Sauerstoff enthielt. Trotz des relativ bedeutenden Konsums durch Athmung und Verbrennung ist mithin der Sauerstoffgehalt in bewohnten Räumen nicht stark vermindert. Es erklärt sich dies durch die natürliche Ventilation, welche die Thüren, Fenster und Zimmermauern gestatten.

Digitized by Google

einer Dynamomaschine) galvanisch glühend erhaltene Kupferdraht-Spirale der Sauerstoff (unter Bildung von Kupferoxyd) vollständig entzogen wird. Vor und während dieser Manipulation wird das Eudiometergefäß behufs Abkühlung auf 0° in Eis eingetaucht. Der Sauerstoffgehalt ergiebt sich lediglich aus der Differenz des (mit dem Manometer oder Barometer) ermittelten Luft-Druckes vor und nach der Glühoperation[1]).

So lange *Kreusler* mit dem Münchener Originalapparate arbeitete, erhielt er wie *Jolly* viel zu niedere Mittelwerthe und bei Kontrolanalysen derselben Luftproben beträchtliche Unterschiede. Durch fortgesetzte Versuche hat er endlich gefunden, daß nach der Absorption des Sauerstoffs mit glühendem Kupfer im Recipienten des Apparates neben Stickstoff noch Wasserdampf auftrat, obgleich die Probeluft vorher vollkommen getrocknet wurde. Dadurch wurde die Spannkraft des im Eudiometergefäße enthaltenen Stickstoffs erhöht, was die Ursache der unbefriedigenden Resultate war[2]). Erst als *Kreusler* bei seinen späteren Versuchen den während des Glühens des Kupfers gebildeten Wasserdampf durch Einführung einer kleinen Aetzkalistange in das Eudiometergefäß absorbiren ließ, erzielte er wesentlich höhere Mittelzahlen und genaue Resultate. Die größten Differenzen bei einer und derselben Luftprobe betrugen nur noch 0,014 bis 0,023 pCt. Auch die Schwankungen des Sauerstoffgehaltes gingen dann auf das normale Maß zurück.

Nach dieser kurzen Darlegung des gegenwärtigen Standes der „Sauerstofffrage" will ich nun nachstehend meine Untersuchungs-Ergebnisse mittheilen:

---

[1]) Eine Vereinfachung des *Jolly*'schen Apparates wurde von *F. Fischer* in Vorschlag gebracht (*Dingl.* polyt. Journ. Bd. 234 S. 46 und Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft 1879, S. 1696).

[2]) *Hempel* vermuthet, daß dieser Wasserdampf während des Glühens aus dem im metallischen Kupfer enthaltenen (absorbirten) Wasserstoffgas gebildet wird.

Digitized by Google

Tag der Untersuchung	Ort	Meereshöhe m	Holzart und Alter	Sauerstoffgeh. in Vol. Proc. im Walde	Sauerstoffgeh. in Vol. Proc. im Freien
1885					
Aug. 15.	Hintersee,	804	Fichten, 40 Jahre	20,68	20,95
	am Fuß des Mühlsturzhorn	815	» »	20,82	
» 16.	Hintersee	794	Kastanien, in der Krone		
			a) auf der Sonnenseite	20,94	20,81
» 17.	Falzalpe Ostabhang des Watzmann	1677	b) auf der Schattenseite — —	20,90	— 20,99
	Nordspitze des Watzmann	2658	— —		20 94
	Nordostabhang d. Watzmann	1323	Fichten, 55 J.	20,77	
» 20.	Litzelalpe	1336	—		20,85
	Hirschbichel	1100	Fichten, in der Krone:		
			a) Sonnenseite	20,71	20,87
	»		b) Schattenseite	20,68	
	»		Buchen und Fichten, 70 J.	20,74	
» 21.	Ramsau	675	Fichten, 45 J.	20,88	21,00
	»		Fichten, 50 J.	20,81	—
	»		Fichten, 60 J.	20,93	—
» 22.	Wartstein bei Hintersee	816	Fichten, 45 J.	20,86	20,88
» 23.	am Fuß der Reitalpe	849	Fichten, 60 J.	20,86	20,90
	am Fuß des Hochkalter	812	Fichten, 65 J.	20,70	20,88
» 27.	Hintersee	794	Fichten, 30 J.	20,82	—
» 29.	Ramsau	678	Fichten, 30 J.	20,91	20,85
			Buchen, 100 J.	20,93	—
Sept. 3.	KahlbrunnerAlpe	1346	Fichten, 80 J.	20,75	20,93
» 4.	Steinernes Meer	2230	—	—	20,87
» 4.	Funtensee	1843	—	—	20,91
» 5.	Königssee	600	—	—	20,82
» 9.	Kunterweg bei Ramsau	824	Fichten, 30 J., in der Krone	20,91	20,84
» 15.	Berchtesgaden	556	Fichten, 80 J.	20,88	20,91
» 17.	Ramsau	670	Buchen, 80 J.	20,86	20,97
» 23.	Raubling bei Rosenheim	460	Kiefern und Fichten, 40 J. (auf Torfboden)	20,65	20,72
Oktbr. 9.	Hirschhorn im Fichtelgebirge	777	Fichten, 45 J.	20,88	20,94
» 14.	Röthenbach im Nürnberger Reichswald	330	Kiefern, 55 J.	20,70	21,00
» 19.	Eichstätt	420	Rothbuchen, 85 J.	20,83	20,77
			Mittel	20,78	20,82
			Maxim.	20,94	21,00
			Minim.	20,61	20,72
			Diff. zw. Max. u. Min.	0,33	0,28

Digitized by Google

Als mittleren Sauerstoffgehalt der freien atmosphärischen Luft ergaben meine Untersuchungen 20,82 Vol. Proc., während auf Grund obiger Analysen als Durchschnittszahl 20,95 Proc. angenommen werden kann. Diese kleine Differenz, ebenso die von mir gefundenen etwas größeren Schwankungen im Sauerstoffgehalte der Luft sind jedesfalls der Untersuchungsmethode zuzuschreiben, speciell dem Umstande, daß bei dem von mir benutzten Apparate Wasser als Sperrflüssigkeit verwendet wurde. Aber auf das Hauptresultat der Analysen, **daß der Sauerstoffgehalt der Waldluft durchschnittlich derselbe ist, als der der freien Atmosphäre,** können diese Verhältnisse keinen Einfluß haben.

Die Luft, welche bei Sonnenschein und windstillem Wetter unmittelbar über den Blättern gesammelt wurde, zeigte sich bisweilen etwas sauerstoffreicher als Freilandluft; dagegen enthielt die Waldluft, im Innern gutgeschlossener Bestände gesammelt zwischen Boden und Kronendach, sehr häufig und durchschnittlich etwas weniger Sauerstoff als die Landluft, was sich durch den bei der Verwesung der Waldbodendecke stattfindenden Sauerstoffverbrauch erklärt.

Obgleich auf Grund vorstehender Untersuchungen ein beachtenswerther höherer Sauerstoffgehalt der Waldluft nur noch in der Phantasie unkundiger Menschen bestehen kann, hat doch die Land- und speciell die Waldluft im Vergleich zur Stadtluft so wesentliche Vorzüge, daß sie durch diese Ereignisse an ihrer hygieinischen Bedeutung nichts verloren hat.

Während die Stadtbewohner Luft einathmen, welche häufig nicht nur die Nase durch üblen Geruch belästigt, sondern auch den Lungen eine ungeheure Menge feinster Staub- und Kohlentheilchen, zahlreiche Keime oft gesundheitsschädlicher Spaltpilze (Bacterien) zuführt, ist die Land-, Berg- und Waldluft als **reine** Luft zu betrachten, d. h. als Luft, die frei ist von übel riechenden Zersetzungs- und Fäulnißgasen thierischer und vegetabilischer Abfallstoffe, frei ist von oft schädlich wirkenden Gasen und Dämpfen der Fabrikanlagen, frei ist von Ruß und Straßenstaub, und weit weniger Mikroorganismen enthält als die Stadtluft[1]). Für die Waldluft ist speciell noch charakteristisch, daß sie, wie ich früher schon nach-

[1]) Der als Luftreiniger wirkende Regen enthält deßhalb auch auf dem Lande viel weniger Unreinigkeiten als das Regenwasser in größeren Städten. Sommerregen ist noch unreiner als Winterregen.

Digitized by Google

gewiesen habe, in der wärmeren Jahreszeit beträchtlich kühler, feuchter und ozonreicher ist als die Landluft.

Vergegenwärtigen wir uns noch, daß der Wald auch einen gewissen Schutz gegen starke und rauhe Winde bietet, daß er durch den aromatischen Duft der Blüthen, Blätter und des terpentinölreichen Harzes der Nadelbäume die Lebensluft zu würzen vermag, daß ein Aufenthalt in demselben die verschiedensten ästhetischen Genüsse gewährt und in Folge dessen auf das Gemüth und auf das geschädigte Nervensystem des modernen Kulturmenschen die günstigste Einwirkung ausübt, so haben wir alle Ursache, dem Walde eine große hygieinische Bedeutung zuzuschreiben und die Waldluft in tiefen Athemzügen zu genießen.

Digitized by Google

Ueber den Schutz der Pflanzen gegen Hagel.

Von Dr. **Ciro Ferrari**,
Assistent am meteorologischen Centralbureau in Rom.

Der Titel dieser kurzen Notiz wird demjenigen, der sie liest, den «Hagelschirm» zurückrufen, erfunden von einem lustigen Kauz in einem Augenblick guter Laune; daher beeile ich mich von Anfang an zu erklären, daß ich nicht viel von der Autorschaft der Idee, die ich aussprechen werde, halte, und daß ich mit dieser den Interessen der Versicherungsgesellschaften nicht zu schaden glaube; ich hoffe allein den Ackersmann auf eine Bahn zu leiten, welche vielleicht die Wirkungen dieser schrecklichen Plage weniger unheilvoll gestaltet.

Alle diejenigen, welche die Gewitter beobachteten, auch schon im letzten Jahrhundert, bemerkten, daß dieselben hauptsächlich von westlichen Himmelsstrichen herkämen. Jedoch eine genaue Idee von der Richtung dieser Lufterscheinung zu erhalten, genügt es nicht, die beobachteten Richtungen von einzelnen Beobachtern statistischen Berechnungen zu unterwerfen, denn es ist nicht anzunehmen, daß die von diesen aus beobachteten Richtungen immer die gleichen seien, wie die wirkliche des Ungewitters. Abgesehen von den groben Fehlern, in den die Beobachter verfallen, sind die orographischen Bedingungen des Ortes, die nur einen begrenzten Horizont gestatten, die weite Entfernung des Gewitters, das Bilden desselben während eines Regens in der Nähe des Zenith des Ortes etc. etc. lauter Ursachen zum Irrthum. Die Folge davon ist, daß, um die wahre Richtung eines Gewitters[1]) zu entdecken, es nöthig ist, dasselbe graphisch auf einer Karte mittelst isochronischer[2]) Linien

[1]) In diesem Aufsatz, wann wir von einem Gewitter sprechen, meinen wir nicht eine einfache Beobachtung, sondern ein über eine Region verbreitetes Gewitter.

[2]) Linien, welche durch die Orte gehen, in welchen die Höhepunkts-Phase des Gewitters in der Zeit beobachtet wurde.

Digitized by Google

darzustellen. Die Linie, welche alle Isochronen senkrecht durchschneidet, stellt die wahre Richtung des Gewitters dar, während die von einzelnen Beobachtern aus bemerkten Richtungen nur scheinbar sind.

Aus dem kartographischen Studium vieler Gewitter erkannte ich, daß die westliche Richtung vorherrschender ist, als durch die statistischen Untersuchungen erschien. In der That, aus 223 kartographisch dargestellten Gewittern, durch welche man die wahre Richtung feststellen konnte, ersah ich, daß sie sich auf die 8 Hauptrichtungen des Compasses auf die in der folgenden Tabelle angezeigten Weise vertheilen. Unter S—SW werden alle die 45° verstanden, welche zwischen S—SW laufen u. s. w. Die genaue Richtung S wurde in diesem Oktanten, während die genaue Richtung SW im nachfolgenden Oktant SW—W aufgenommen wurde. Die Zahlen werden nach ihrem procentualen Werthe ausgedrückt. Die Beobachtungen beziehen sich auf die Gewitter von Ober- und Mittelitalien im Jahr 1880 und von ganz Italien im Jahr 1881. Der hauptsächlichste Theil dieser Meteore bezieht sich auf Oberitalien.

Jahr	SE—S	S—SW	SW—W	W—NW	NW—N	N—NE	NE—E	E—SE
1880	1,2	2,5	17,3	65,6	4,9	8,8		
1881	„	2,1	11,0	51,3	19,3	11,5	2,6	2,1

Daraus ersieht man, daß fast ihre Totalität von den 180° entsteht, die zwischen SW—NE enthalten sind. Die wenigen Meteore, die von den andern 180° herkommen, sind nicht von großer Wichtigkeit und nur solche, die nach kurzer Bewegung sich wieder erlöschen; solche Gewitter sind überdies beinahe nie von schädlichem Hagel begleitet. Aus der Tabelle ersieht man klar, daß die meisten Gewitter von einem Punkte des Oktanten W—NW herkommen. Wir werden daher ohne Furcht vor einem Irrthum bestätigen können, daß von WNW uns stets der Hagel zukommt. Der Schreiber dieses hat mit verschiedenen Landleuten verschiedener Länder Oberitaliens hierüber gesprochen und es wurde ihm stets dieser Punkt als derjenige bezeichnet, woher die schlimmen Gewitter kommen.

In meinen Untersuchungen über die Gewitter der Jahre 1880 und 1881 richtete ich infolge dessen meine besondere Aufmerksam-

Digitized by Google

keit auf die Richtung des vorherrschenden Windes, welcher das Gewitter begleitete. Ein solches Element wurde für viele der 360 Gewitter in Betracht gezogen, die im Jahre 1880 beobachtet wurden, sowie für die 650 im Jahr 1881 beobachteten. Für einige Gewitter sogar machte man sich Karten, ausschließlich um eine solche Richtung darzustellen. Aus allen studirten Fällen ergab sich das Gesetz, daß bei jedem Gewitter die Richtung desselben mit der des vorherrschenden Windes zusammentrifft.

Eine besondere Aufmerksamkeit wurde den bei jedem Gewitter vom Hagel verwüsteten Flächen zugewendet; aus allen relativen Fällen ergab sich das andere Gesetz, daß in der vom Gewitter verwüsteten Region der Hagel sich in geraden und langen, nach der Richtung desselben orientirten Streifen vertheilte. Solche Streifen zeigen in manchen Orten unterbrochene, aber in derselben Richtung gelegene Felder.

Dies vorangesendet, würde ich den Landleuten rathen, alle Anpflanzungen, die in Spalieren gezogen werden können (wie Reben, Obstbäume, Maispflanzen) von WNW nach ESE anzulegen. Auf diese Weise würden sie nur die Flanke dem Hagel bieten, welcher, vom Winde getrieben, ein wenig schräg fällt; es würden dadurch die ersten Bäume oder Pflanzen der Reihe die zweiten decken u. s. w., während, wenn die Reihen von N nach S angepflanzt sind, sie vom Hagel voll getroffen würden[1]). Es ist klar, daß mein Rath hauptsächlich für die italienischen Landleute, und besonders für die Oberitaliens gilt. Mit geringen Abänderungen kann er jedoch auch von Landleuten anderer Länder angewendet werden. Wenn die kartographischen Untersuchungen für eine

---

[1]) Wer noch weitere Notizen über meine Forschungen der Gewitter wünscht, der möge bezüglich jener pro 1880, sich Rath holen in meinen Memoiren: Beobachtungen über Gewitter, gesammelt im Jahr 1880, und bezügliche Studien: Annalen des meteorologischen Central-Bureau Serie II, Bd. 3, I. Theil pag. 1 bis 256 mit 40 illustrirten Tafeln, und auch Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, Gewitterstudien in Italien von *C. Lang.*, Bd. XIX, Seite 353—377. Etude sur les orages observés en Italie en 1880 de A. Angot. Annuaire de la société météorologique de France en 1883 octobre, page 349—359. Für das Jahr 1881 Beobachtungen der Gewitter, gesammelt im Jahre 1881 und bezügliche Studien, Annalen des met. Central-Bureau, Serie II, Bd. 5, II. Theil, Seite 405—731 mit 36 illustr. Tafeln; und Untersuchungen über die dem met. Centralbureau mitgetheilten Gewitterbeobachtungen vom Jahr 1881. Meteorologische Zeitschrift. Bd. II, S. 353—375.

Digitized by Google

bestimmte Gegend es gestatten, die wahre Richtung der Mehrzahl der Gewitter zu erkennen, so könnte man in entsprechender Weise auch die Orientirung der Pflanzenreihen modifiziren. Die Idee besteht demnach darin, die Reihen nach jener Richtung anzulegen, von woher die größte Anzahl der Gewitter kommt. So scheint es, daß in Bayern diese Meteore hauptsächlich von WSW kommen; in diesem Falle stelle man die Reihen genau von WSW nach ENE.

Neue Litteratur.

A. Angot. **Studien über die Weinlese in Frankreich.** Annuaire du Bureau central météorologique. 1883. 120 S. in gr. 8° mit 1 illustr. Tafel.

Der unermüdliche Sekretär der französischen meteorologischen Gesellschaft hat die agrar-meteorologische Litteratur um eine neue Arbeit mit dem oben erwähnten Titel bereichert, welche das große Verdienst hat, seine Resultate auf lange Beobachtungen zu stützen.

Da vom Jahre 1880 an festgesetzt wurde, daß das Bureau central météorologique regelmäßig die Angaben bezüglich der Epoche der Weinlese veröffentlichen würde, so erstreckte *Angot* seine Nachforschungen nur auf die vorhergehenden Jahre. Er wandte sich deshalb an die Commissionen der Departements, damit sie ihm die Angaben der vorherigen Ernten übermittelten. Auf diese Weise erhielt er 606 Serien von Weinlesen, die sich auf 50 Departements beziehen. Von den 37 anderen lieferten 19 gar keine Angabe; bei einem ging die darauf bezügliche Aufschreibung verloren und in 17 werden die Weinstöcke nicht gebaut.

Da der Weinertrag in den verschiedenen Jahren nur mittelst unbestimmter Ausdrücke, wie Menge dürftig, mittelmäßig, reich etc. ausgedrückt ist, giebt Angot, damit sie zum Vergleiche diene, eine Tabelle, auf welcher für die Zeitdauer vom Jahre 1875—79 für jedes Departement und für jedes Jahr die mittlere Fläche von Hektaren angegeben ist, die mit Weinstöcken bepflanzt, und das mittlere Produkt nach Hektoliter per Hektar anführt. (Angaben, aus dem statistischen Jahresbuch von Frankreich entnommen. Handelsministerium. Abtheilung für die allgemeine Statistik.) *Angot* giebt in Folge derselben Veröffentlichung für die 30jährige Zeitdauer vom Jahr 1850—79 für jedes Jahr in ganz Frankreich die Totalanzahl der mit Wein angepflanzten Hektare und das mittlere Produkt per ha wieder: eine Tabelle, die wir hier zum Theil wiederholen.

Digitized by Google

	Mittlerer Ertrag hl per ha		Mittlerer Ertrag hl per ha		Mittlerer Ertrag hl per ha
1850	20,7	1860	17,9	1870[1])	23,3
1851	18,1	1861	13,4	1871	24,4
1852	13,3	1862	16,6	1872	22,6
1853	10,4	1863	22,6	1873	15,0
1854	5,0	1864	22,4	1874	29,2
1855	7,0	1865	30,1	1875	32,6
1856	9,8	1866	27,8	1876	18,5
1857	18,2	1867	16,9	1877	13,6
1858	24,7	1868	22,3	1878	22,0
1859	13,7	1869	29,8	1879	11,5
Mittel	**14,1**	Mittel	**22,0**	Mittel	**21,3**

Es ist sehr nützlich zu bemerken, daß im ersten Decenium die Anzahl der mit Wein angepflanzten ha zwischen einem Maximum von 2183810 und einem Minimum von 2158850 sich bewegte, deren mittlere Zahl 2174959 gewesen ist. Im zweiten bewegt sie sich zwischen 2643170 und 2205410 mit einem Mittel von 2306295. Im dritten zwischen 2428740 und 2238180 mit einem Mittel von 2364176.

Da die Vielfältigkeit der Sorten als eine große Schwierigkeit für denjenigen gilt, der in verschiedenen Gegenden die Epochen der Weinlese vergleichen will, so hat *Angot* mit Hilfe von *De Gasparin* in richtiger Weise die verschiedenen Sorten in 7 Klassen getheilt. Damit die Trauben erster Klasse reif werden, müssen sie nach *De Gasparin* eine Wärmesumme von 2264° erhalten; für die folgenden Klassen nothwendigerweise eine höhere Zahl, bis für die 7. Ordnung endlich eine Summe von 5000° nöthig ist. Die erste und die letzte Klasse, deren Weinstöcke fast gar nicht in Frankreich gezogen werden, nicht beachtend, theilt *Angot* die andern Klassen in 2 Gruppen, in die erste, welche die 2. und 3. Klasse einschließt, und in die zweite, welche die 4., 5. und 6. umfaßt. Eine solche Unterscheidung ist sehr zweckdienlich, da die Unterschiede zwischen den Klassen jeder Gruppe unbedeutend sind, während dieselben zwischen den Gruppen im Gegentheile sehr groß sind. Die Trauben der ersten Gruppe benöthigen im Durchschnitt 3480°, die der zweiten 4250°, um zu reifen.

Unabhängig von der Art der Weinstöcke, haben viele andere Ursachen und Gründe großen Einfluß auf die Epoche der Weinlese. Es genüge, die verschiedenen Arten der Kultur anzugeben, das Jung- oder Altsein des Weinstockes, der Gebrauch des Schwefels etc. Man ersieht daraus, wie vielen Einschränkungen die Schlüsse, die man aus diesem Studium zieht, unterworfen sind, und wie es darum, klimatologisch sprechend, weniger belehrend sei, als andere ähnliche Erscheinungen, andere Phänomene der Pflanzenwelt, wie das Blättertreiben und Blühen der Pflanzen, das Reifen der Cerealien etc. Anderntheils bietet es den großen Vortheil, daß keine andere periodische Erscheinung der Pflanzenwelt

[1]) Nach Abzug der Weinprodukte von Elsaß und Lothringen.

Digitized by Google

eine so lange Reihe von Beobachtungen bietet. Weit zurückgreifend, beziehen sich dieselben auf Zeiten vor der Einführung des Thermometers, so daß es durch dieses Hilfsmittel möglich wurde, interessante Folgerungen über den meteorologischen Charakter der vergangenen Zeiten zu ziehen, über welche keine anderen Nachweisungen bestehen.

Nachdem *Angot* das enorme Material gesammelt hatte, theilte er es in 2 Tabellen;[1]) auf der ersten ist für jedes Jahr die Zeit der Weinernte für alle Orte und Stationen angezeigt, welche die längsten Serien und daher auch die interessantesten Beobachtungen geliefert haben; auf der zweiten sind allein für jede Station ohne Ausnahme die mittleren Zeitpunkte der Weinlese angegeben, in Zeiträumen von je 10 Jahren, von 1840 an gerechnet, die Epoche, zu welcher der größte Theil der Serien zurückreicht. Zur Angabe der Daten nahm *Angot* den 1. September als Ausgangspunkt an, ihn mit 1 bezeichnend; daher giebt die Zahl 31 den 1. Oktober und —1 den 31. August an u. s. w. Für die zehnjährigen Mittel wurden, wenn die Lücken kurz waren, die fehlenden Zahlen mittelst der nächsten, completen Stationen interpolirt, indem angenommen wurde, daß der Unterschied in den Epochen der Weinlese in den benachbarten Orten ein beständiger wäre. Wenn die Lücken groß waren (ausgenommen, wenn es sich um sehr interessante Serien handelte), wurden die Mittel nicht berechnet. Auf der ersten Tabelle sind Beobachtungen, die bis zum 14. Jahrhundert hinaufreichen.[2]) Indem man diese Tabelle prüft, bemerkt man, wie veränderlich an ein und demselben Orte die Zeit der Weinlese ist. So z. B. erntete man in Dijon den Wein im Jahre 1420 am 25. August und im Jahre 1816 am 28. Oktober, ein Unterschied von 64 Tagen; in Salins am 6. September (1540) und im Jahre 1816 am 9. November; Unterschied 65 Tage; in Lavaux den 9. September (1636) und im Jahre 1698 am 19. November; Unterschied 71 Tage etc. Der Unterschied zwischen den äußersten Daten schwankt im Allgemeinen zwischen 65 und 70 Tagen. Diese Verschiedenheit kommt manchesmal sogar bei sehr naheliegenden Jahren vor.

Angot berechnete in der Folge die Verschiedenheit der Epochen der Weinlese, indem er den mittleren Unterschied derselben von einem zum folgenden Jahre nahm. Eine solche Berechnung wurde bei 15 Orten gemacht in einem Zeitraum von 80 Jahren (1800—1879); die Resultate davon sind in einer 3. Tabelle, auf welcher die zehnjährigen, mittleren Zahlen angegeben sind. Aus diesem Resultate ergab sich im Durchschnitt in Frankreich von einem Jahr zum andern ein Unterschied von ungefähr 11 Tagen; doch scheint es, daß im Süden die Verschiedenheit geringer sei.

Indem *Angot* sich der 2. Tabelle bediente, berechnete er per Departement den mittleren Zeitpunkt der Weinlese für die Jahre 1860—79. Als es sich um Departements handelte, die wichtige klimatische Unterschiede boten, machte man die Berechnungen für „Arrondissement"; im Gegentheil jedoch gruppirte man ge-

---

[1]) Zur endlichen Vervollständigung dieser 2 Tabellen, die bis an 606 Serien erreichen, fügte *Angot* in der Folge noch andere Materialien (15 Serien) hinzu, die er in 2 anderen kleinen Tabellen veröffentlichte, als Anhang an die vorhergehenden.

[2]) Die Epochen vor 1583 sind nach dem gregorianischen Kalender korrigirt.

Digitized by Google

wisse Departements, deren klimatische Verhältnisse beinahe gleich sind oder keine hinreichenden Beobachtungen boten. Die Resultate sind auf einer 4. Tabelle dargestellt, die wir hier wiedergeben.

	Nummer der Station	Mittl. Seehöhe (Meter)	Mittlere Epoche
Meuse(Verdun,Montmédy)	3	218	36,6
Meuse (Bar-le-Duc, Commery)	3	223	34,0
Meurthe-et-Moselle	8	240	37,6
Vosges (Épinal)	15	317	39,3
Vosges (Mirecourt)	63	347	39,5
Vosges (Neufchâteau)	51	342	39,3
Doubs	5	395	34,6
Jura (Dôle, Lous-le-Saulnier)	4	236	29,9
Jura, (Poligny)	4	350	42,7
Ain	5	310	33,6
Savoie	6	267	38,4
Haute-Savoie	3	423	43,0
Suisse, (Vaud, Genève)	6	417	41,7
Marne	27	138	31,5
Haute-Marne	8	291	33,9
Aube	8	208	31,3
Yonne, Nièvre (Clamecy)	11	206	33,9
Côte d'Or	8	268	26,2
Haute-Saône	8	273	27,1
Indre, Cher, Loiret (Orléans) Nièvre (Cosne, Nevers)	13	147	25,5
Allier(Moulins,Montluçon)	9	251	26,1
Allier (Gannat, la Palisse)	11	340	34,4
Puy-de-Dôme (Clermont)	26	418	38,2
Puy-de-Dôme (Issoir)	16	504	39,3
Puy-de-Dôme (Thiers)			
Loire	8	391	29,1
Haute-Loire	9	517	37,5
Lozère	3	522	36,4
Seine-et-Oise, Eure-et-Loire, Loire-et-Cher, Loiret (plateau)	5	102	28,7
Sarthe	4	86	38,7
Loire-Inférieure	9	32	26,6
Vienne, Indre-et-Loire	2	98	22,3
Vendée	14	42	28,1
Deux-Sèvres	4	82	24,5
Charente	94	89	25,4
Gironde	4	15	20,3
Gers (Condom)	6	118	19,1
Gers (Auch, Mirande)	6	184	24,0
Landes	2	92	28,8
Hautes-Pyrénées	2	250	34,0
Lot, Lot-et-Garonne	7	167	26,8
Tarn	2	230	23,0
Haute-Garonne	3	168	19,4
Pyrénées-Orientales	1	30	23,0
Hérault	3	40	3,3
Hautes-Alpes	15	752	33,0
Basses-Alpes	6	572	31,9
Drôme, Vaucluse	7	157	23,8
Bouches-du-Rhône	8	182	15,3
Var	5	177	16,1

Mittels der Zahlen dieser Tabelle stellt *Angot* den Beginn der Weinlese graphisch (in einer den Memoiren angehefteten Tafel) dar. Die verwickelte Form dieser Linien dürfte sowohl von der Verschiedenheit der gepflegten Weinsorten als von dem Einfluß der Höhe herrühren. Aus Mangel an Beobachtungen, die in derselben Region, aber in verschiedenen Höhen gemacht worden waren, konnte *Angot* die Curven nicht auf das Niveau des Meeres reduciren. Die wenigen Gruppen, mittelst deren Beobachtungen man eine solche Reduktion machen konnte, gehören den Hoch- und Niederalpen, dem Doubs und dem Puy-de-Dôme an. Aus diesen Beobachtungen würde es scheinen, als ob die Ver-

Digitized by Google

spätung in der Zeit der Weinlese durchschnittlich 2—3 Tage sein müßte, bei je einer Zunahme von 100 m in der Höhe.

Eine Frage, die eines besonderen Interesses werth ist, und zu deren Erforschung hauptsächlich das kostbar gesammelte Material diente, war die, anzugeben, ob, wenn die durchschnittliche Zeit der Weinlese regelmäßige Verschiedenheiten für längere Perioden erleide, man dieselben der fortschreitenden Veränderung des Klimas zuschreiben könne. Zu diesem Zwecke berechnete *Angot* die Epoche der Weinlese für 15 der längeren Serien in einem Zeitraum von 10 und von 25 Jahren. Um die Resultate noch klarer wiederzugeben, drückt er mittelst Diagramme den erhaltenen relativen Durchschnitt dreier längerer Serien aus. Wir geben hier die Ziffern dieser letzteren wieder.

	1400—09	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99
Dijon	»	26	16	»	»	29	»	24	30	27
Salins	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Aubonne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	1500—09	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99
Dijon	25	31[1])	24	26	(32)	25	30	28	29	28
Salins	»	»	»	35	»	»	»	(45)	45	45
Aubonne	»	»	»	»	»	42	47	50	42	46
	1600—09	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99
Dijon	28	26	31	20	26	25	21	24	16	28
Salins	44	42	47	34	44	39	34	43	35	48
Aubonne	42	39	45	41	47	42	42	50	52	59
	1700—09	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99
Dijon	25	26	27	28	34	30	30	32	28	28
Salins	42	39	37	39	41	41	39	43	35	36
Aubonne	57	57	56	56	63	61	56	55	48	46
	1800—09	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79		
Dijon	32	36	36	32	25	29	22	29		
Salins	37	42	41	43	43	46	40	45		
Aubonne	51	54	45	45	45	47	40	(45).		

Aus dieser, wie aus der analogen Tabelle, welche die Mittel durch fünfundzwanzigjährige Serien angiebt, schließt man, daß die Verschiedenheiten nicht von festgestellten Veränderungen in demselben Sinn, herkommen, wie diejenigen wären, welche von einem fortschreitenden Verfall des Klimas herrühren, sondern von Schwingungen. So rückt in Aubonne der durchschnittliche Zeitpunkt der Weinernte in den Jahren von 1775—1875 um 10 Tage weiter vor, als im vorhergehenden Jahrhundert, hat aber jedoch nur eine Verzögerung von 3 Tagen über die Epochen zweier Jahrhunderte vorher. Gegenwärtig ist es genau dieselbe Epoche wie am Ende des XVI. Jahrhunderts. Dasselbe kann man auch sagen von andern

[1]) Obgleich *Angot* es nicht ausspricht, glaube ich doch, daß die unter Parenthese angegebenen Durchschnittszahlen von unvollständigen zehnjährigen Serien herrühren.

Digitized by Google

Curven. Von diesen Zahlen kann man auch ableiten, daß die langsamen Schwingungen dieser Erscheinung nicht den periodischen Veränderungen des Klimas zuzuschreiben sind. In der That sollten die drei obengenannten Stationen, welche nahe beisammen liegen, einen parallelen Gang zeigen, was jedoch nicht der Fall ist. Dasselbe gilt auch für andere Serien, die von noch näher aneinanderliegenden Stationen herkommen. Diese Schlüsse, welche auf die Beständigkeit des Klimas sich beziehen, bestätigen diejenigen, zu welchen auch andere Autoren, jedoch auf ganz verschiedenen Wegen gelangten. Was die Permanenz derselben Gattung an ein und demselben Orte anbetrifft, so erkennt man aus der Beschreibung *Columellas*, welche er uns von den Weinbergen von Gaule giebt, unter den andern Sorten ganz perfekt den Pinot, welche gerade die am meisten in Burgund gepflegte Pflanze ist. Aus Dokumenten, die man besitzt und die für Beaune bis zum Jahre 1330 und für Dijon bis 1480 zurückreichen, ist ersichtlich, daß jene Kultur nicht verändert worden ist; die Gattung, die Art der Pflege etc., alles ist dasselbe geblieben. Man weiß überdies noch von *Gregor von Tours*, d. i. aus dem 6. Jahrhundert, daß die Weinstöcke sich damals auf denselben Hügeln befanden, wie jetzt. Dieselben Pflanzen, irgendwo anders hin versetzt, sogar an Orte von gleichem Klima, brachten andere Produkte hervor. Man wird aus allem diesen schließen müssen, daß das Klima Burgunds seit zwölf Jahrhunderten sich nicht geändert hat. Die Veränderungen, die sich in langen Reihenfolgen ergeben, Veränderungen, die nicht einmal bei benachbarten Orten ähnlich sind, kommen daher nicht von dem Wechsel des Klimas, sondern von rein lokalen Ursachen her, wie z. B. Veränderungen in den gepflegten Sorten, Versetzung der Reben, Zuwachs der Anzahl der Weinstöcke, Art des Weinbaues etc. Dieser Schluß, zu dem *Angot* gelangte ist der treffendste und wichtigste der ganzen Arbeit, denn nur auf diesem wahren und richtigen Wege können wir eine genaue Idee der klimatischen Verhältnisse der Vergangenheit erhalten.

Ehe *Angot* sich in die genauere Untersuchung der Beziehungen zwischen den meteorologischen Elementen und der Epoche der Weinernte einläßt, giebt er uns noch ein langes Verzeichniß, in welchem er uns von 1236—1879 (bis 1448 mit Unterbrechungen, aber dann vollständig für alle Jahre) für jedes Jahr die Qualität und Quantität der Weinlese anzeigt. Bis zum Jahre 1689 sind die Erträge aus dem Werke *Schüblers* genommen: „Nachrichten über die Verhältnisse des Weinbaues in Württemberg“ und beziehen sich ausschließlich auf die Weinberge dieses Landes. In der Folge nahm *Angot* auch noch zu vielen andern Quellen seine Zuflucht. Nachdem *A.* zwei Tabellen *Schüblers* angiebt, welche das Produkt der Weinberge Heilbronns (vom Jahre 1519—1803), Besigheims (von 1711—1788) und von Stuttgart (von 1788—1830) darstellen, liefert er uns auch noch zwei Tabellen, die das Weinprodukt in hl per ha von St. Georges (Côte-d'Or) (von 1800—1859) und von Gruaud-Lorose (Médoc) (von 1820—1879) nachweisen. Auf Grund ferner gesammelter oben angeführter Angaben bezüglich der Qualität und Quantität der Weinlese führt *Angot* vom Jahre 1750 an diejenigen Jahre auf, in welchen Frankreich im Allgemeinen eine reiche Weinlese hatte. Solche Jahre sind: 1752, '54, '79, '81, '88, 1804, '27, '28, '40, '48, '75. Die Jahre, in denen die Ernte mager war, sind: 1789, 1809, '16, '17, '21, '30, '43, '54, '73 und '79. Die Jahre,

Digitized by Google

in welchen die beste Qualität hervorgebracht wurde, waren 1750, '53, '60, '62, '81, '88, '95, '98, 1802, '11, '22, '25, '34, '42, '46, '58, '65, '70 und '74. Die Jahre endlich, in denen der Wein schlecht ausfiel, immer von 1750 an gerechnet, würden also dann sein: 1754, '61, '63, '68, '76, '89, '99, 1816, '17, '21, '23, '29, '36, '43, '45, '53, '60, '66, '79. Indem sich *Angot* der gesammelten Serien bediente, bestimmte er von 1750 an die charakteristischen Jahre für die Frühreife und für die Verspätung der Weinlese in Frankreich. Die Jahre, in welchen man später erntete, waren 1805, '16, '21 79; das Jahr der spätesten Weinlese war im allgemeinen das Jahr 1816. Diejenigen, in welchen die Weinlese sehr früh stattfand, waren 1794, '98, 1811, '22, '34, '46, '65, '68; im Jahre 1822 erntete man am frühesten.

Angot suchte dann in der Folge die Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt der Weinlese und dem jährlichen Gang der Witterung festzusetzen. Zu diesem Zwecke bediente er sich folgender periodischer Formel:

$$t = t_0 + a_1 \sin x + b_1 \cos x + a_2' \sin 2x + b_2' \cos x \ldots\ldots$$

wo x die durchschnittliche Zeit im Winkel gerechnet, vom 1. Januar an, darstellt, (1 Tag = 0°, 9857), t_0 die mittlere jährliche Temperatur, a_1, b_1, a_2, b_2 .... die Coeficienten, welche man bestimmen kann, wenn man die mittleren, monatlichen Temperaturen kennt. Aus einer noch nicht veröffentlichten Arbeit über das Klima Frankreichs zog *Angot* die zur Berechnung dieser Werthe nothwendigen Elemente für 22 Gegenden[1]), für welche das mittlere Datum der Weinernte auf der von uns angeführten Tabelle (Seite 250) wohl angemerkt und angezeigt ist. *Angot* giebt uns in einer Tabelle die Werthe für die 22 Regionen an. Setzt man diese in die oben angegebene Formel, so erhält man für jeden Zeitpunkt des Jahres die mittlere tägliche Temperatur (abgeleitet vom Maximum und Minimum ohne Berechtigung). Herr *Angot* nahm nach *De Gasparin* und *Ladrey* 9° als diejenige Temperatur an, in welcher sich die ersten Spuren der Vegetation in dem Weinstock zeigen. So konnte er auf Grund dieser Formel für die 22 Regionen den mittleren Zeitpunkt berechnen, in welchem der Weinstock zu wachsen anfängt, d. h. die Epoche x, in welcher die mittlere tägliche Temperatur den Werth von 9° erreicht. Auf solche Weise konnte *A.* für Frankreich die Curven beschreiben, die den Anfang der Vegetation des Weinstocks darstellen oder mit andern Worten den Gang der Isotherme 9° im Frühling. Die Curven dieser Tafel zeigen eine gewisse Aehnlichkeit mit jenen der anderen schon erwähnten, welche die mittleren Epochen der Weinlese darstellen. Nachdem er auf solche Weise die Anfangsepoche der Vegetation und der Ernte festgesetzt hat, erhielt *Angot* für jede Region die Totalsumme der zwischen den beiden Zeitpunkten von der Rebe empfangenen Temperaturgrade mittelst folgenden Ausdruckes

$$Q = \int t \, dx$$

zwischen den zwei angegebenen Grenzen. Diese Berechnung kann auf zwei verschiedene Arten gemacht werden: entweder indem man jede Temperatur zu ihrem wirklichen

[1]) Viele von diesen Gegenden umfassen mehrere naheliegende Regionen der Tabelle auf Seite 250.

Digitized by Google

Werthe annimmt (da alle Temperaturen unter 9° wie null gerechnet werden, 9° aber nach seinem wirklichen Werthe genommen wird); oder, indem man von allen Temperaturen die Zahlen unter 9° abzieht (in diesem Falle zählt 9° für 0° und 10° für 1°).

Es ist klar, daß man von der ersten Fläche, welche mit der ersten Summe übereinstimmt, zur andern übergeht, die mit der zweiten übereinstimmt, indem man das Produkt der Anzahl der Tage, welche zwischen dem Anfang des Wachsthums und der Weinernte liegen, für die Temperatur, die als Ausgangspunkt genommen ist, d. i. 9° davon abzieht. *Angot* gibt in der Tabelle, die wir hier wiedergeben, für die 22 Regionen die Summe der Temperaturgrade an, die die Rebe vom Anfang des Wachsthums bis zur Ernte empfangen hat, nach den beiden Methoden berechnet, wie folgt:

	Summe berechnet über			Summe berechnet über	
	0°	9°		0°	9°
Hautes-Alpes	2431	973	Ain	2928	1308
Doubs	2719	1144	Indre	2833	1258
Meurthe	2755	1135	Allier	2830	1255
Vosges	2726	1106	Bourgogne	2773	1225
Champagne (Rheims) . .	2691	1116	Mittel . .	**2845**	**1253**
Mittel . .	**2723**	**1125**	Charente	3039	1383
Puy-de-Dôme	2800	1180	Médoc	3069	1395
Seine, Seine-et-Oise . . .	2796	1185	Mittel . .	**3054**	**1389**
Champagne (Troyes) . . .	2734	1159	Basses-Pyrénées	3302	1502
Sarthe	2887	1186	Haute-Garonne	3193	1537
Loire Inférieure	2777	1157	Hérault	3119	1535
Mittel . .	**2799**	**1173**	Bouches-du-Rhone . . .	3146	1508
Russillon	3874	1957	Mittel . .	**3190**	**1520**
Suisse (Lausanne)	2859	1221			

Wenn wir die Hochalpen, für welche die Zeit der Weinlese schlecht festzusetzen ist, nicht in Betracht ziehen, ebenso auch Roussillon, dessen Zahlen nur von einer einzigen Station herkommen, so sehen wir, daß durchschnittlich im Osten Frankreichs der Wein reift, wenn der Weinstock, von dem Zeitpunkt an gerechnet, in welchem die mittlere Temperatur 9° übersteigt, eine Gesammtsumme von 2720° Temperatur erhalten hat, wenn die Grade auf 0° berechnet werden, oder von 1130°, wenn man die Berechnung auf 9° macht. Die Weinstöcke der nördlichen Gegenden erfordern dementsprechend 2800° oder 1170°; die in Mittelfrankreich 2840° oder 1250°; die südwestlichen 3050° oder 1390° und die des Südens 3190° oder 1520°. Die von uns oben gegebenen, über 0° gerechneten Wärmesummen sind geringer, als die von *De Gasparin* angegebenen, welche wir früher erwähnten. Das ergiebt sich aus der Thatsache, daß *De Gasparin* zu dieser Berechnung die niedrigsten, unter einem Schirme beobachteten Temperaturen verwendete, die höchsten aber mittelst eines Thermometers, der im Mittelpunkt einer kupfernen, mit dünnen Wänden versehenen Kugel angebracht war, die außen schwarz angestrichen war und der Sonne ausgesetzt wurde.

Digitized by Google

Der Verfasser glaubt, daß die auf diese letzte Art berechneten Temperaturen sich weniger als die seinigen zu diesem Zwecke eignen. Er giebt an, daß die relativen Temperatursummen im Osten und Norden niedriger seien als in Wirklichkeit, weil man in diesen Gegenden früher zu ernten gezwungen sei, ehe die Trauben vollständig reif wären. Eine wichtige Lehre, die man aus vorhergehender Tabelle zieht, ist auch noch die, daß, je mehr man nach Norden geht, desto niedriger die Temperatursumme ist, welche der Wein braucht, um zu seiner Reife zu gelangen.

Zuletzt wendete *Angot* seine Aufmerksamkeit auch noch auf die meteorologischen Bedingungen derjenigen Jahre, in welchen bei der Weinlese besondere Umstände eintraten. Wir haben oben die Jahre angegeben, in denen von 1750 bis 1879 am frühesten und am spätesten der Wein geerntet wurde. *Angot* berechnete für Paris in all diesen Jahren (mit Ausnahme der Jahre 1794, '99 und 1805, in denen die Beobachtungen fehlen) die Abweichungen von der Normalzahl[1]) der mittleren Temperaturen in den Monaten März und April. Aus der bezüglichen Tabelle entnehmen wir nur die Mittel der Monate vom April bis August.

Jahre von frühester Weinlese		Jahre von spätester Weinlese	
	Abweichungen für April bis August		Abweichungen für April bis August.
1811	+ 1,°23	1816	— 2,°05
1822	+ 1,°60	1821	— 0,74
1834	+ 1,00	1879	— 1,77
1846	+ 1,38		
1865	+ 1,48		
1868	+ 1,65		

Vor allem fällt uns in die Augen, daß in den Jahren der Frühernte die mittlere Temperatur dieser Monate über die Normale hinausging, während sie in den Jahren, in denen spät geerntet wurde, unter derselben stand. Es scheint, daß ein Uebermaß der Temperatur im Frühling für die Frühreife günstiger ist, als in jeder andern Jahreszeit. Es ergiebt sich auch, daß die Zeit des Wachsens viel kürzer als gewöhnlich in den Jahren der Frühreife und viel länger in denen der Späternte ist. *Angot* berechnete auch für diese außergewöhnlichen 9 Jahre das Uebermaß der Wärmesumma über die normale vom 1. April bis 31. August.

1811 . . . + 188°	1846 . . . + 211°	1816 . . . — 314°
1822 . . . + 244	1865 . . . + 227	1821 . . . — 113
1834 . . . + 152	1868 . . . + 252	1879 . . . — 271

Indem er für die mittlere Epoche der Weinlese in Paris (Ende September bis Anfangs Oktober) eine mittlere Temperatur von 13,5° annahm, berechnete *Angot* durch die oben erwähnte Methode, mit welchem Vorrücken und Rückstand diese Differenzen correspondirten. Wenn man daneben noch die wirklich beobachteten Epochen[2]) stellt (auf Grund der ersten Tabelle), so erhält man:

[1]) Diese ist aus dem Mittel von 1860—79 entnommen.

[2]) Die dazu gebrauchten Stationen waren Argenteuil (Seine-et-Oise), le Riceys (Aube) und Vendôme (Loire-et-Cher).

Digitized by Google

	Vorrücken der Ernte			Vorrücken der Ernte			Verspätung der Ernte		
	Berechnet	Beobachtet		Berechnet	Beobachtet		Berechnet	Beobachtet
1811	14 Tg.	13 Tg.	1846	16 Tg.	17 Tg.	1816	23 Tg.	25 Tg.
1822	18 »	26 »	1865	17 »	19 »	1821	8 »	17 »
1834	11 »	14 »	1868	19 »	16 »	1879	20 »	19 »

Diese Zahlen stimmen hinreichend überein, außer für die Jahre 1821 und '22. Was das Jahr 1822 anbetrifft, so muß man berücksichtigen, daß der Monat März ausnahmsweise heiß war, und daher das Wachsthum schon in diesem Monat anfangen mußte, was noch mehr den Ueberschuß vermehrt, der dem übrigen Theil des Jahres zuzurechnen ist. Im Jahre 1821 war die erhöhte Temperatur der Monate August und September nicht genügend, um die schädliche Wirkung der niedrigen Temperatur der drei vorhergehenden Monate aufzuheben. Wiederholt bemerkte man, daß die jährlichen Veränderungen in den Zeitpunkten der Weinreife ihre Erklärung in dem Gang der jährlichen Temperatur finden.

Da *Angot* der Meinung ist, daß eine magere Ernte an vielen, schwer zu unterscheidenden Ursachen[1]) (wie Frost im Frühjahr, Hagel, verschiedene Krankheiten etc.) abhängt, so wendete er seine Hauptaufmerksamkeit auf die Beobachtung der Beziehungen zwischen den meteorologischen Elementen und den weiter oben erwähnten reichen Erntejahren. Nur die fünf letzten wurden in Betracht gezogen, da für die vorausgehenden eingehendere Beobachtungen fehlen. *Angot* gibt für Paris in diesen Jahren die Abweichungen der Temperatur der Monate von März bis September über die normale an. Wir berechnen aus jenen folgende Mittel:

März	April	Mai	Juni	Juli	August	September
− 0,°1	+ 0,°5	+ 1,°8	+ 0,°5	− 0,°4	+ 0,°1	+ 0,°3

Auf diese Weise können wir sagen, daß eine hohe Temperatur bei Beginn des Wachsthums, besonders aber im Augenblicke der Blüthe, für die meisten Erzeugnisse des Weinstockes[2]) sehr günstig wirkt. In Betreff derselben Jahre und der Monate vom August bis September berechnete *Angot* die Menge des gefallenen Regens, von welcher wir auch hier wieder das Mittel angeben.

---

[1]) In diesem Punkte kann der Referent mit dem geehrten Verfasser nicht übereinstimmen. Ich glaube, daß auch ein Studium analog dem von ihm gemachten in Hinsicht auf die guten Erntejahre ebenso auf die schlechten gemacht werden könne. In meiner Abhandlung, betitelt: „Beziehungen zwischen meteorologischen Elementen und den Ernteergebnissen Italiens". Annalen des Central-Bureaus der Meteorologie. Serie II, 4. Bd., Theil II., Seite 167—214 (siehe auch diese Zeitschrift Vol. VIII. und „Das Wetter", 2. Jahrgang. Seite 238—248) glaube ich gezeigt zu haben, wie die Temperatur des Winters, wenn dieselbe niedrig ist, einen schädlichen Einfluß auf das Produkt des Weinstockes hat.

[2]) Dieses Resultat ist analog demjenigen, das auch der Berichterstatter in dem schon angegebenen Aufsatz bezüglich der Verhältnisse zwischen der Witterung und dem Produkt des Weizens, Roggens und der Gerste gefunden hat, nämlich, daß eine hohe Temperatur während der Wachsperiode für die meisten Erzeugnisse sehr günstig ist, was sich aus jenen Gegenden des nördlichen Italiens ersehen läßt, wo das Maximum für jene Elemente im allgemeinen nicht erreicht wird.

Digitized by Google

	April	Mai	Juni	Juli	August	September	April–Septbr.
mm	51	47	46	58	57	46	305
Normalwerthe[1]) »	38	49	51	51	49	50	288

Daraus ergab sich, daß während dieser fünf guten Jahre der Regen in den heißen Monaten der Norm sehr nahe kommt oder nur ein wenig höher.

In der Folge berechnete *Angot* auch die Abweichungen der normalen Temperatur in Paris für die Monate März bis September in den Jahren, die Wein von guter und von schlechter Qualität hervorbrachten. Dieselben sind von uns schon oben angegeben worden; diejenigen aber vor 1806 wurden wegen Mangel an Beobachtungen ausgelassen. Aus der Tabelle *Angot*'s berechneten wir folgende Mittel:

	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Juni-Sept.
Gute Jahre	+0,°2	+0,°5	+1,°1	+1,°9	+0,°8	+0,°6	+1,°2	+1,°1
Schlechte »	−0,°8	−1,°3	−0,°8	−0,°4	−0,°5	−0,°8	−0,6	−0,8

Aus diesem ersieht man, daß die Temperatur in den guten Jahren, besonders von Juni bis September, die Norm übersteigt, während sie in den schlechten unter derselben steht. Eine analoge Berechnung wurde dann für die zehn guten, sowohl auch für die elf schlechten Jahre in Hinsicht des Regens gemacht. Die relativen Mittel würden folgende sein:

		Juli	August	September	Totalsumme
Gute Jahre	mm	48	45	47	140
Schlechte »	»	66	54	62	182
Normale	»	51	49	50	150

Man ersieht daraus, daß die Regenzeit in den schlechten Jahren über das Normale hinausging, während sie in guten etwas unter der Norm stand.

Ehe *Angot* seine schöne Arbeit vollendete, wollte er endlich auch noch seine Aufmerksamkeit auf das Maximum und Minimum der berühmten Sonnenflecken wenden, für welche unnützerweise Ströme von Tinte geflossen sind, wie auch auf die analogen Nachforschungen über den Einfluß des Mondes auf die irdischen Phänomenen. Nachdem *Angot* vorher erwähnt, daß *Tomascheck* gefunden hat, daß in jenen Jahren, in welchen die Sonnenflecken zahlreich waren, sich durchschnittlich die Weinreife um fünf Tage verspätete, im Vergleich mit jenen Jahren, in denen die Flecken selten waren, während *Fritz* gerade das Gegentheil aufstellte, nämlich daß bei vielen Sonnenflecken der Wein durchschnittlich um einen Tag früher reife als bei wenigen, berechnete er einzeln für zehn Stationen von 1700—1879 das mittlere Datum der Weinlese für die Jahre (nach *R. Wolf*) des Maximums der Sonnenflecken (1705, '17, '27, '38, '50, '69, '78, '88, 1804, '16, '30, '37, '48, '60 '70) und für jene des Minimums. (1712, '23, '33, '45, '55, '65, '75, '84, '98, 1810 23, '33, '43, '56, '67, '78.) Die durchschnittlichen Resultate würden folgende sein:

[1]) Erhalten aus der Epoche von 1804—79.

Digitized by Google

	Jahre des Maximums.	Jahre des Minimums		Jahre dss Maximums	Jahre dss Minimums
Kürnbach	7. Okt.	6. Okt.	Salins	13. Okt.	12. Okt.
Argenteuil	1. »	26. Sept	Lous-le-Saulnier	7. »	7. »
Dijon	29. Sept.	30. »	Pichou-Longueville	24. Sept.	25 Sept.
Vollnay	27. »	26. »	Aubonne	24. Okt.	24. Okt.
Beaune	27. »	27. »	Lausanne	18. »	19. »

Daraus wird uns klar, daß kein klarer Unterschied zwischen den beiden Serien der Ziffern besteht, und daher der vermuthete Einfluß absolut nichtig oder unschätzbar sei. *Dr. Ciro Ferrari — Rom.*

Digitized by Google

I. Physik des Bodens.

Ueber Prüfung der Bodenarten auf Wasserkapacität und Durchlüftbarkeit.

Von Professor Dr. **R. Heinrich** in Rostock.

Seit einer Reihe von Jahren habe ich mir die Aufgabe gestellt, die wissenschaftlichen Bodenuntersuchungen „ins Praktische“ zu übertragen und die chemischen und physikalischen Bodenprüfungen zur Gewinnung eines Maßstabes für die Güte der Bodenarten zu benutzen. Unser Bodenbonitirungswesen liegt gegenwärtig noch sehr im Argen. Die Werthschätzung des Bodens nach dessen Fruchtbarkeit, diese so wichtige Angelegenheit, welche das materielle Wohl und Wehe Einzelner so sehr berührt, wird zur Zeit in einer Weise gehandhabt, welche unserem heutigen wissenschaftlichen Standpunkt nicht mehr entspricht. Prüft man die verschiedenen Instruktionen für die Boniteure, so kann man sich der Ueberzeugung nicht verschließen, daß das Geschäft der Bonitirung — soweit es wenigstens die Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens betrifft, — ganz auf dem sogen. „praktischen Gefühl“ der betreffenden Taxatoren beruht. Würden die gewissenhaften Boniteure nicht die Vorsicht gebrauchen in den einzelnen Fällen Sachverständige herbeizuziehen, welche die Bodenarten auf Grund vieljähriger Erfahrungen zu beurtheilen im Stande sind, so würden noch viel größere Ungenauigkeiten bei den Abschätzungen vorkommen, als sie bis jetzt thatsächlich vorgekommen sind. Die besseren Bonitirungssysteme (z. B. das sächsische) sind auch mehr beschreibender Art; sie ruhen aber nicht, wie man verlangen muß, auf Principien, aus welchen man eo ipso die Fruchtbarkeit ableiten kann [1]).

[1]) Siehe hierüber: „Ueber Bodenbonitirung und Kartirung“ in den Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin. Nr. 178 und 179, vom 7. Januar 1886.

Digitized by Google

Meine bisherigen Arbeiten haben mich zu der Ueberzeugung geführt, daß wir auf Grund der wissenschaftlichen Bodenprüfungen sehr wohl in der Lage sind, ein vollbegründetes und mit den praktischen Erfahrungen übereinstimmendes Urtheil über die Bonität eines Bodens abzugeben, wenn wir die Prüfungen der physikalischen Beschaffenheit der Bodenarten auf zweckentsprechende Weise modificiren.

Von den physikalischen Bodenprüfungen haben, meiner Ansicht nach, die Bestimmungen der Wasserkapacität und Durchlüftbarkeit für die Werthschätzung der Bodenarten die bei weitem größte Bedeutung. Es sei mir in Nachstehendem gestattet die Methoden zu beschreiben, welche ich für Prüfungen der Bodenarten auf die genannten beiden Eigenschaften bisher mit Erfolg benutzte.

a) Bestimmung der Wasserkapacität der Bodenarten.

Wer mit aufmerksamem Blick die verschiedenen Bodenarten vergleicht, dem drängt sich sehr bald die Ueberzeugung auf, daß für die Praxis die Wasserverhältnisse des Bodens ganz vorzugsweise den Werth bedingen. Die Erfahrung hat den praktischen Landwirth schon lange zu der Erkenntniß geführt, daß ein Boden mit günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen sich viel leichter in seinem Ertrage steigern läßt als ein trockener Boden. Zur Erzeugung einer gewissen Erntemenge gehört nothwendiger Weise ein gewisses Wasserquantum, welches unter Umständen von dem Boden für die Pflanzen reservirt werden muß. Genügt die im Boden vorhandene Feuchtigkeit, um auf einer bestimmten Fläche 100 kg Pflanzenmasse zu erzeugen, so kann man noch so stark und dicht säen, es werden eben nicht mehr als 100 kg erzielt — vorausgesetzt daß nicht günstiger Regenfall die ungenügenden Wasserverhältnisse im Boden ausgleicht. — Aus diesem Grunde werden ganz allgemein diejenigen Bodenarten, welche größere Mengen nutzbares Wasser für die Pflanzen aus der Atmosphäre zurückhalten, höher bezahlt als die trockenen Böden. Der Werth der Thon- und Lehmböden übersteigt — namentlich in den Gegenden mit extensiver Wirthschaft — den Werth der trockenen Sandböden um das 4- bis 6-fache.

Und doch hat gerade in dieser wichtigen Frage die Wissenschaft dem Landwirth noch am wenigsten einen Anhalt darüber geben können, welche Wasserkapacität ein Boden besitzen muß, um „ertragssicher“ zu

Digitized by Google

sein. Es ist noch nicht so lange her, daß man in den agrikulturchemischen Laboratorien allein nach der alten *Schübler*'schen Methode die Wasserkapacitäten prüfte, wobei man bekanntlich zu dem Resultat kommt, daß fast alle Bodenarten in gleichem Volumen dieselben Wassermengen zurückhalten. Erst die Arbeiten von *Ad. Mayer*[1]) waren Veranlassung, daß man die Kapillarverhältnisse und die dadurch bedingten Erscheinungen bei der Wasserkapacitätsbestimmung mehr als bis dahin berücksichtigte. In Folge der hierdurch gewonnenen Einsicht, daß die Wasserkapacität der Böden abhängig ist von der Höhe der Erdsäule, also von der Mächtigkeit der betreffenden Erdschicht, stellte *Mayer* die Lehre von der „größten" und „kleinsten" Wasserkapacität auf; er nahm hierbei an, daß die „kleinste" Wasserkapacität für bestimmte Bodenarten eine unveränderliche Größe sei. Soweit meine Untersuchungen jedoch reichen, giebt es eine solche „kleinste" Wasserkapacität überhaupt nicht, wenn anders man sich nicht mit annähernd gleichen Zahlen begnügen will. Es gilt dies wenigstens für Bodensäulen bis zu 1 m Höhe. Von den an einem anderen Ort[2]) mitgetheilten Versuchen führe ich die nachstehende Versuchsreihe als Beispiel hierfür an. Es wurden von 100 g trockenem Boden zurückgehalten:

Höhe der Bodenschicht von unten	
90—93 cm,	8,6 g Wasser,
75—78 »	11,3 » »
60—63 »	11,9 » »
45—48 »	13,6 » »
30—33 »	15,9 » »
15—18 »	17,3 » »
0— 3 »	20,3 » »

Es ist dies also eine kontinuirliche Abnahme der Wasserkapacität bis zuletzt. — Auch die einschlagenden Versuche von *Wollny*[3]) scheinen, bis auf einzelne wenige Unregelmäßigkeiten in den obersten Schichten, die obige Ansicht zu beweisen.

Aber selbst wenn man die sogenannte „kleinste" Wasserkapacität *Mayer's* (vielleicht nach der modificirten Methode von *Wollny*[4]) be-

[1]) Siehe landw. Jahrbücher, herausgegeben von *H. Thiel*. 1874. S. 753.
[2]) Siehe meine „Grundlagen zur Beurtheilung der Ackerkrume". S. 115.
[3]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. VIII. S. 188 und 191.
[4]) Ebendaselbst S. 194.

Digitized by Google

stimmt) als konstante Größe annehmen wollte, so würde man doch durch Versuche im Laboratorium nicht Zahlen gewinnen, welche den natürlichen Verhältnissen, unter welchen der betreffende Boden lagert, entsprechen.

Die Wasserkapacität der Böden ist bekanntlich nicht allein von der Mächtigkeit der Schicht abhängig, sondern es kommen hierbei noch andere sehr wesentliche Momente mit in Betracht; im Ganzen wird die Wasserkapacität von folgenden Umständen beeinflußt:

1. von der Mächtigkeit der Schicht,
2. » » Kornfeinheit,
3. » dem chemischen Gehalt (namentlich dem Humusgehalt),
4. » den Schichtungsverhältnissen des Untergrundes,
5. » der Tiefe des Grundwasserstandes,
6. » » Lagerung des betr. Bodens zur Umgebung.

Die unter 1—3 genannten Verhältnisse würden für die Bestimmung der Wasserkapacität im Laboratorium nicht hindernd im Wege stehen. Der Ackerboden ruht aber auf dem Untergrunde, welcher — wie namentlich im norddeutschen Schwemmlande — durch seine verschiedenartigen Schichtenbildungen die Wasserkapacität des überliegenden Bodens in hervorragender Weise beeinflußt. Diese Schichten — die bald in ihrer Kornfeinheit von der überliegenden Schicht abweichen, bald (durch Kalk oder Eisenverbindungen gebunden) in ihrer Durchlässigkeit für Wasser Verschiedenheiten zeigen, und die, an die Luft gebracht, ihren Zusammenhang und ihre physikalischen Eigenthümlichkeiten verändern, — sind Bildungen, deren Einfluß man bei dem Versuch im Laboratorium nicht berücksichtigen kann. Ebensowenig kann man im Laboratorium den Einfluß in Rechnung ziehen, welchen das Grundwasser und die örtliche Umgebung auf die Wasserkapacität des Bodens besitzt.

Um daher für die Wasserkapacität der Bodenarten Zahlen zu gewinnen, welche der Wirklichkeit entsprechen, bleibt nichts Anderes übrig, als daß man die Untersuchungen mit dem Boden in seiner natürlichen Lagerung vornimmt und die betreffenden Arbeiten hinaus auf das Feld verlegt.

In dieser Richtung habe ich verschiedene Verfahren geprüft, um die Wasserkapacitätsbestimmungen in einfachster Weise auf dem Felde ausführen zu können. Das nachbeschriebene Verfahren hat sich mir bisher am zweckmäßigsten ergeben.

Digitized by Google

Die Ackerkrume (die vom Pfluge bewegte Bodenschicht) wird bis zur vollen Tiefe ausgehoben und auf den Untergrund ein Blechgefäß ohne Boden, von ca. 20 cm Durchmesser und 40 cm Höhe, aufgesetzt; das Blechgefäß wird sodann von außen mit soviel Erde beschüttet, daß es in der Ackerkrume eingegraben erscheint. Der Rest des ausgehobenen Ackerbodens, welcher dem vom Blechgefäß umschlossenen Raume entspricht, wird mit möglichst wenig Wasser[1]) durch ein auf das Gefäß eingesetztes Sieb getrieben, welches letztere 4 Drahtfäden auf 1 cm besitzt. Es werden hierdurch alle gröberen Steine, Holzstücke und dergl., welche bei der späteren Probeentnahme zur Wasserbestimmung stören könnten, beseitigt. — Bei Sandböden hat sich das überschüssige, vom Boden in Folge seiner Kapacität nicht zurückgehaltene Wasser bereits nach wenigen Stunden verlaufen; bei schweren Böden dauert dies aber länger, ein bis zwei Tage. Ist das überschüssige Wasser in den Untergrund versickert, dann ist die weitere Abnahme des Wassers im Boden eine verhältnißmäßig sehr langsame, wenn man die Verdunstung durch Bedeckung des benetzten Bodens hindert. In den nachstehenden Tabellen theile ich die Ergebnisse einiger diesbezüglicher Versuche mit.

A. Sandböden.

a) Sehr lockerer, feiner Sandboden.

Entnahme der Bodenproben von dem Verlaufen des überstehenden Wassers an gerechnet:	100 g Trockensubstanz des Bodens enthielten an Wasser:
sofort nach dem Verlaufen	24,0 g,
nach 2 Stunden	15,4 »
» 6 »	8,9 »
» 17 »	8,9 »
» 24 »	8,1 »

b) Ein weniger trockener Sandboden, an verschiedenen Stellen.

Entnahme der Bodenprobe von dem Verlaufen des überstehenden Wassers an gerechnet:	100 g Trockensubstanz des Bodens hielten Wasser zurück:		Wassergehalt pro l Bodenraum (= d)	
	im Durchschn. g	Schwankungen g	im Durchschn.	Schwankungen
nach 4 Stunden	14,9	13,0—16,8	201	198—204
» 20 »	10,8	10,6—11,1	157	153—160
» 24 »	11,4	10,6—12,1	151	145—157
» 28 »	11,1	10,6—11,5	149	143—155

[1]) Es ist nothwendig, daß die Erde mit nur soviel Wasser durch das Sieb getrieben wird, daß keine Sonderung der verschieden schweren Bestandtheile (durch Sedimentirung) stattfinden kann.

Digitized by Google

Entnahme der Bodenprobe von dem Verlaufen des überstehenden Wassers an gerechnet:	100 g Trockensubstanz des Bodens hielten Wasser zurück: im Durchschn. g	Schwankungen g	Wassergehalt pro l Bodenraum (= d) im Durchschn.	Schwankungen
nach 2 Tagen	10,6	10,1—11,1	157	150—164
» 3 »	9,7	8,3—11,1	135	126—153
» 4 » *)	11,1	11,0—11,1	164	157—170
» 5 »	10,6	10,0—11,2	164	164—164
» 6 »	10,5	9,9—11,0	150	146—153
» 7 »	9,6	9,1—10,1	138	137—139
» 8 »	9,8	9,2—10,4	135	131—138

*) Die Probeentnahme erfolgte von hier ab aus neuen Gefäßen, die entsprechend lange gestanden hatten, da die Gefäße die Entnahme nur einer beschränkten Zahl Bohrproben zulassen.

B. Bindigere Böden.

c) Ein kalkhaltiger, lehmiger Boden mit viel feinem Sand:

Entnahme der Bodenprobe von dem Verlaufen des überstehenden Wassers an gerechnet:	100 g Trockensubstanz des Bodens hielten Wasser zurück: im Durchschnitt	Schwankungen
nach 1 Tage	26,9 g	24,4—29,9 g
» 2 Tagen	26,5 »	26,4—26,6 »
» 3 »	24,2 »	23,5—24,8 »
» 4 »	23,7 »	22,3—25,0 »
» 5 »	23,0 »	22,0—23,9 »
» 6 »	23,2 »	22,2—24,2 »
» 7 »	21,8 »	20,6—23,0 »
» 8 »	21,8 »	21,3—22,7 »

d) Ein bindiger, roher Boden, durch Abschaufeln der überliegenden Ackerkrume gewonnen, für die Vegetation nicht tauglich:

Entnahme der Bodenprobe von dem Verlaufen des überstehenden Wassers an gerechnet:	100 g Trockensubstanz des Bodens hielten Wasser zurück: im Durchschnitt	Schwankungen
nach 1 Tage	30,7 g	29,0—32,3 g
» 2 Tagen	26,2 »	25,6—26,7 »
» 3 »	25,0 »	24,2—25,8 »
» 4 »	26,2 »	25,2—27,0 »
» 5 »	—	—
» 6 »	—	—
» 7 »	25,4 »	25,2—25,8 »

Da die Abnahme des Wassergehaltes im Laufe der Tage eine immerhin beachtenswerthe ist, so muß die Zeit (vom Verlaufen des überstehen-

Digitized by Google

den Wassers an gerechnet), nach welcher man die Bodenproben zur Wasserbestimmung entnimmt, eine konventionelle sein. Für Sandböden würde die Zeit von 1 × 24 Stunden vollkommen genügen, sie scheint aber für die schwereren Böden nicht auszureichen und möchte ich im Hinblick auf die letzteren vorschlagen, die Erdproben zur Wasserbestimmung nach 2 × 24 Stunden (von dem Verlauf des über dem Boden stehenden Wassers an gerechnet) zu entnehmen.

Das Ausheben der Bodenproben bewirke ich vermittelst eines Hohlbohrers von konischer Form, dessen unterer (engerer) Durchmesser $\sqrt{\frac{4}{\pi}}$ cm = 1,128 cm beträgt. Es entspricht dies also einer Fläche von 1 qcm; indem man die Tiefe, bis zu welcher der Boden ausgehoben wurde, in cm mißt, kennt man gleichzeitig das Volumen der ausgehobenen Erdsäule in ccm. Die konische Form des Hohlbohrers ist deshalb zweckmäßig, weil sich die in den Hohlbohrer eintretende Erdsäule bei der inneren Erweiterung des Bohrers weniger an den Wänden reibt; ist der Innenraum des Bohrers cylindrisch, so liegt die ausgebohrte Erdsäule den Wandungen des Bohrers überall an und gleitet schwerer weiter; man drückt unter diesen Umständen leicht die Erde unter dem Bohrer zusammen und die ausgehobene Erdsäule entspricht dann nicht der gebohrten Tiefe. Es empfiehlt sich auch bei dem konischen Hohlbohrer nur 2—4 cm lange Erdstücke auf einmal auszuheben und diese in dem bereit gehaltenen Trockengefäß zu sammeln, um ebenfalls ein Zusammendrücken zu vermeiden. Die entnommene Bodenprobe muß selbstverständlich alle Schichten der eingeschwemmten Ackerkrume enthalten.

Die Nothwendigkeit, den Wassergehalt des gesättigten Bodens auf Volumen zu berechnen, ist bereits von *Ad. Mayer* und noch jüngst von *Wollny*[1]) hervorgehoben und an Beispielen erwiesen worden; ich halte die Berechnung auf Bodenvolumen da unerläßlich, wo es sich um den Vergleich der Wasserkapacität von Bodenarten mit verschiedenen Volumgewichten handelt. — Es scheint mir aus anderen Gründen wünschenswerth, daß man den Raum eines Liters als Einheit setzt und die im 1 Bodenraum vorhandene Wassermenge als Wasserdichte (= d) im Boden bezeichnet. Es gewährt nämlich ein viel anschaulicheres Bild von dem Wasservorrath

[1]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik VIII. S. 196.

Digitized by Google

eines Bodens, wenn man die zurückgehaltene Wassermenge nicht nach Gewicht oder Volumen allein ausdrückt, sondern daß man, unter Berücksichtigung der Ackerkrumentiefe, angiebt, welche Gesammtmenge von Wasser in der Krume zurückgehalten wird. Nach Vorgang der Meteorologen habe ich an anderer Stelle[1]) vorgeschlagen, die Kapacität der gesammten Krume (Bodenfeuchtigkeit) in mm Wasserhöhe auszudrücken. Man berechnet dieselbe nach der Formel

$$f = \frac{d}{100} \cdot k,$$

wobei k die Krumentiefe in cm bedeutet.

Die Größe von d wechselt nach meinen bisherigen Bestimmungen zwischen 86 und 386. Der geringe Wassergehalt von 86 g pro l Bodenraum wurde auf einem Sandboden gefunden, welcher eine sogen. Brandstelle im Acker bildete. Die höchste Wasserdichte von 386 lieferte ein feuchter, als Wiese benutzter Torfboden. Es ist interessant, und für die Nothwendigkeit der vorgeschlagenen Kapacitätsbestimmungen beweisend, daß derselbe Boden in verschiedener Lagerung abweichende Wasserkapacität besitzt. Auf den Versuchsparzellen der Versuchsstation Rostock wurden folgende verschiedene Wasserkapacitäten eines Sandbodens gefunden, der sowohl nach seiner geologischen Entstehung als auch nach seinem äußeren Ansehen als gleichmäßig bezeichnet werden mußte.

	Wasserkapacität der Bodenarten	
Parzelle	100 g trockenen Bodens hielten Wasser zurück	d = Wassergehalt pro l Bodenraum
E 8	6,8 g	86 g
E 9	8,2 »	88 »
D 9	10,0 »	129 »
D 9	14,2 »	179 »
T 1*)	18,5 »	217 »

*) Nach 1 m tiefem Rajolen.

Solche Ergebnisse beweisen, daß die Wasserkapacitätsbestimmungen im Laboratorium gar keine praktische Verwerthung finden können, — die sämmtlichen aufgeführten Bodenarten würden zweifellos im Laboratorium eine gleichmäßige Kapacität für Wasser ergeben haben —, die Versuche beweisen aber ferner auch, daß die geologische Beurtheilung

[1]) „Grundlagen zur Beurtheilung der Ackerkrume". S. 118.

Digitized by Google

des Bodens allein für die Praxis nicht die Beachtung beanspruchen kann, welche ihr von manchen Seiten zugeschrieben wird.

In welcher Weise diese Versuchsergebnisse mit der Praxis übereinstimmen, mögen folgende Beobachtungen zeigen.

Die Parzelle D 9 (4 Ar groß) ist seit dem Jahre 1876 vollständig gleichmäßig beackert, bedüngt und besät worden; die verschiedene Wasserkapacität des Bodens macht sich aber trotzdem jedes Jahr sehr entschieden bemerkbar. Im Jahre 1886 trug die Parzelle Roggen und erschien, von ferne gesehen, die trockene Stelle, in Folge der beträchtlich kürzer gebliebenen Roggenhalme, gleich einer muldenförmigen Vertiefung in dem Acker; nach der Blüthe des Roggens erschienen hier die Roggenhalme auch bereits heller gefärbt als die umgebenden Pflanzen, welche noch ein saftiges Grün zeigten. — Im Jahre 1883 trug die Parzelle Hafer; die in diesem Jahre während der Vegetationsperiode eingetretene trockene Witterung brachte den Nachtheil des trockenen Bodens besonders scharf zur Ansicht. Um die Vegetationsabweichungen der verschiedenen wasserhaltigen Bodenabtheilungen der Parzelle D 9 ziffernmäßig zum Ausdruck zu bringen, habe ich nachfolgende Bestimmungen ausgeführt.

	Parzelle D 9			
	trockene Stelle		bessere Stelle	
	d = 129		= 179	
[Nutzungswasser[1])	= 25 mm		= 37,2 mm]	
	im Mittel	Schwankungen	im Mittel	Schwankungen
Pflanzenstöcke auf 400 qcm	6	5—7	12	11—13
Zahl der Halme » » »	15	13—18	26	24—28
Höhe der Pflanzen in cm	35	30—50	90	80—100.

Die Pflanzen auf der trockenen Stelle entwickelten zwar eine Rispe, setzten aber keine Körner an und erst im August, nachdem wieder reichlich Regen gefallen und der Hafer bereits gemäht war, wurde diese Stelle durch Bildung von Nebenhalmen wieder grün und entwickelte zum 2. Mal eine Vegetation. — Es sei noch bemerkt, daß die verschiedenen Wasserkapacitäten des Bodens in so unmittelbarer Nähe in dem vorliegenden Falle durch die Untergrundsverhältnisse veranlaßt sind. Die einzelnen Schichten des Untergrundes wechseln hier in schroffer Weise. Die wasserarmen Stellen zeigen folgendes Profil: 30 cm humoser Sand

[1]) Ueber „Nutzungswasser" siehe später.

Digitized by Google

(Ackerkrume), bestehend aus dem unterliegenden Sande, nur vermischt und dunkel gefärbt durch den Humus der Kultur; der Untergrund wird gebildet durch feinen hellgelben Sand (oberer Diluvialsand), bestehend fast ausschließlich aus Quarz, wenig Feldspath und vereinzelten Glimmerblättchen. Dieser Sand scheint sehr tief zu gehen, und war sein Ende bei 2 m Tiefe noch nicht erreicht. — Die feuchtere Stelle ergab zunächst dieselben Schichten wie die wasserarme Stelle, in einer Tiefe von 50—55 cm aber findet sich ein stark gelb gefärbter, sandiger, kalkhaltiger Lehm (oberer Geschiebemergel), welcher eine Mächtigkeit von ca. 100 cm besitzt. Darunter befindet sich wieder ein etwas gröberer, scharfkantiger hellgelber Sand, welcher bis in größere Tiefe anhält.

Ferner: Die Parzelle T 1 der Versuchsstation besteht ebenfalls aus sehr leichtem trockenen Sande, in seiner mineralischen und geologischen Beschaffenheit durch nichts von dem Boden auf D 9 unterschieden. Um hier dem kontinuirlichen Wassermangel der Pflanzen abzuhelfen, wurde die Parzelle im Jahre 1878 1 m tief rajolt und mit Stroh durchsetzt, aus dessen Verwesung sich Humus bilden sollte. Die dicht daneben liegende Parzelle T 2 ist von Natur etwas besser als T 1; sie erhielt zum Vergleich die nämliche Menge an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali in mineralischer Form wie T 1 in dem gegebenen Stroh erhalten hatte, nur wurde die mineralische Düngung für T 2 auf 3 Jahre vertheilt, weil angenommen werden konnte, daß die düngenden Bestandtheile in T 1 ebenfalls nicht früher zur Wirkung gelangen würden. Die späteren Düngungen waren für beide Parzellen die gleichen. Die nach der vorbeschriebenen Methode im Jahre 1885 ausgeführten Wasserkapacitätsbestimmungen ergaben:

	Von 100 g Trockensubstanz des Bodens wurde Wasser zurückgehalten:	d
Parzelle T 1	18,5 g	217
T 2	10,5 »	145

Die Erträge in den verschiedenen Jahren von den 2 Ar großen Parzellen waren folgende:

	1879: Roggen:		1880: Hafer:		1882: Hafer:		1883: Erbsen:		1884: Roggen:		
	T 1	T 2	T 1	T 2	T 1	T 2	T 1	T 2	T 1	T 2	
Stroh	80,7	59,0	84,0	53,5	34,0	13,0	63,7	22,1	91,5	37,5	kg,
Korn	6,8	6,8	14,0	9,0	12,4	6,1	16,8	18,3	9,5	5,3	»
Spreu	46,2	36,8	53,0	45,5	23,6	7,3	9,1	1,9	29,0	7,3	»

Digitized by Google

In den Jahren 1881 und 1885 hatten die Parzellen Kartoffeln getragen. Die Ernte an Knollen betrug:

	1881	1885
T 1	541,5	417,0 kg
T 2	383,0	169,3 »

Diese zum Theil bedeutenden Ertragsverschiedenheiten können im vorliegenden Falle durch nichts Anderes erklärt werden als durch die verschiedenen künstlich beeinflußten Wasserkapacitäten des Bodens. Die Menge des in beiden Fällen vom Boden reservirten Wassers wird namentlich durch die verschiedene Mächtigkeit der Krume eine wesentlich andere. Nimmt man an, daß die Pflanzenwurzeln auf T 1 die ganze Tiefe (rajolt bis zu 1 m) gleichmäßig durchziehen (was wohl nicht ganz der Fall sein dürfte), dann würde sich die reservirte Wassermasse in der Krume beider Parzellen folgendermaßen berechnen:

T 1 (100 cm tiefe Krume) zu 217,0 mm Wasserhöhe,
T 2 (25 » » ») » 36,8 » »

Für die Beurtheilung der für die Pflanzen nutzbaren Wassermengen im Boden kommt noch in Betracht, daß die Pflanzenwurzeln nicht das sämmtliche Wasser im Boden sich anzueignen vermögen; ein Theil des Wassers wird vom Boden so fest zurückgehalten, daß es nicht in die Pflanzenwurzeln einzudringen vermag. Eine verschiedene Fähigkeit einzelner Pflanzen, den Boden in höherem oder geringerem Maße an Wasser zu erschöpfen, habe ich nicht auffinden können. Aus einer größeren Reihe von Versuchen[1]) glaube ich folgern zu können, daß die Pflanzen denjenigen Wasserrest, welcher ungefähr das $1^1/_2$-fache des sogenannten hygroskopischen Wassers ausmacht, einem Boden nicht mehr entziehen können; hat der Boden soweit sein Wasser verloren, dann vertrocknen die Pflanzen. Mit den früher in kleinerem Maßstabe ausgeführten Versuchen stimmen auch meine Erfahrungen überein, welche ich späterhin bei den Feldkulturen sammeln konnte. Als im verflossenen Sommer in Folge lang ausgebliebenen Regens der Winterroggen stark von der Dürre litt, wurden zwischen den Roggenpflanzen Proben der Ackerkrume entnommen. Dieselben ergaben folgenden Wassergehalt:

[1]) „Ueber das Vermögen, den Boden an Wasser zu erschöpfen." Landw. Annalen des mecklenb. patriotischen Vereins. 1876. Nr. 45. u. 46.

Digitized by Google

	auf 100 g Trockensubstanz des Bodens berechnet:	d (= Wassergehalt pro 1 Bodenraum)
1. Versuch	2,3 g	43
2. »	2,0 »	41

Nach dreitägigem Stehen des trockenen Bodens in feuchter Luft zeigte die Erdprobe an hygroskopischer Feuchtigkeit im Mittel

auf 100 g Trockensubstanz des Bodens berechnet:	d
1,4 g Wasser	26.

Der Wassergehalt der Ackerkrume war hiernach also bis zur Grenze der Möglichkeit, nämlich bis auf $1{,}4 \times 1{,}5 = 2{,}1$ g Wasser, welche 100 g trockener Boden festhalten, oder auf eine Wasserdichte von $26 \times 1{,}5 = 39$ erschöpft.

Jedenfalls wird man die einschlagenden Verhältnisse annähernd richtig beurtheilen, wenn man die Menge des für die Pflanzen verfügbaren Wassers nach der von mir[1]) gegebenen Formel

$$w = \frac{d - h \times 1{,}5}{100} \cdot k$$

berechnet, wobei w = Nutzungswasser im Boden, d = Wasserdichte, pro 1 Bodenraum, h = Hygroskopicität des Bodens und k Krumentiefe des Ackerbodens in cm bedeutet.

Die in dem Vorstehenden klargelegten Gesichtspunkte werden genügen um darzuthun, in welcher Weise die Wasserverhältnisse des Bodens für praktische Zwecke beurtheilt werden können, um vergleichbare Zahlen zu erhalten. Die Kulturwerthe der verschiedenartigen Thon-, Lehm- und Sandböden werden sich — soweit es den wichtigsten Unterschied, die Wasserkapacität, betrifft — nach den angedeuteten Prüfungen ziffernmäßig feststellen lassen. Ein Boden, der unter den norddeutschen klimatischen Verhältnissen weniger als 55 mm Wasser reservirt (weniger als ca. 20 g auf 100 g Trockensubstanz) ist von dem jeweiligen Regenfall zu sehr abhängig und daher ein «unsicherer» Boden; bei günstiger (d. h. in diesem Falle regnerischer) Witterung braucht er einem Boden mit günstiger Wasserkapacität, gleichen Düngungszustand vorausgesetzt, in seinen Erträgen nicht nachzustehen, aber auch nur unter solchen Verhältnissen. Bei der Beurtheilung der Wasserkapacität der

[1]) Siehe „Grundlagen" S. 120.

Digitized by Google

Bodenarten in Beziehung auf Fruchtbarkeit werden daher stets die klimatischen Verhältnisse in Rechnung gezogen werden müssen. In Rostock fallen im Durchschnitt der Beobachtungen (seit 1852) nur 460,9 mm Niederschläge, während dieselben nach *van Bebber* für Deutschland durchschnittlich 709 mm betragen[1]). In den für die Vegetation der meisten Kulturpflanzen bedeutsamen Monaten Mai und Juni fallen in Rostock durchschnittlich 32,5 und 40,6, zusammen 73,1 mm Regen, oder 18 % von der Gesammtsumme, während in Deutschland durchschnittlich in derselben Zeit 138 mm Regen oder 19,4 % der Gesammtsumme fallen. Es ist begreiflich, daß unter solchen Verhältnissen, wie sie in Rostock vorliegen, die Bedeutung der Wasserkapacität der Bodenarten für die Vegetation sich besonders auffallend bemerkbar macht. In den Vogesen und im Elsaß, wo nach *van Bebber* drei Mal so viel Niederschläge fallen als in Rostock (nämlich 1360 mm), werden solche beträchtliche Vegetationsunterschiede, wie sie hier durch die Verschiedenheit der Wasserkapacitäten der Bodenarten hervorgerufen werden, unter gewöhnlichen Verhältnissen wohl nicht vorkommen können.

Es sind dies klimatische Abweichungen, welche sämmtlich bei den Bonitirungen berücksichtigt werden müssen; nothwendig bleibt es unter allen Umständen, sich über die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse ein Urtheil, ein ungefähres Zahlenverhältniß zu schaffen, wie es durch das beschriebene Verfahren möglich ist. Es ist hierbei durchaus nicht erforderlich, daß eine große Reihe zeitraubender Wasserkapacitätsbestimmungen bei dem Bonitirungsgeschäft ausgeführt werden; sind von dem betreffenden Boniteur an einzelnen Musterstücken mehrere Wasserkapacitätsbestimmungen ausgeführt worden, dann wird es ihm leicht sein, die Wasserkapacitäten benachbarter Bodenarten zu schätzen, wenn er dabei die oben unter 1—6 aufgeführten Verhältnisse, welche die Wasserkapacität beeinflussen, einer steten Berücksichtigung würdigt.

b) Bestimmung der Durchlüftungsfähigkeit der Bodenarten.

Gegen die bis jetzt vorliegenden Durchlüftungsversuche ist der gleiche Einwand zu erheben, wie er gegen die jetzt üblichen Wasser-

[1]) *van Bebber:* „Die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse mit besonderer Berücksichtigung Deutschlands", in *Wollny*'s Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. 1 S. 341 u. 362.

Digitized by Google

kapacitätsbestimmungen erhoben wurde. Man hat die Versuche mit ausgehobenem Boden im Laboratorium ausgeführt, wobei unmöglich die Verhältnisse, welche die Durchlüftung beeinflussen, so hergestellt werden können, um Resultate zu gewinnen, welche mit den natürlichen Verhältnissen übereinstimmen. Ich erinnere u. A. nur an die Umänderungen, welche die Humuskörper in ihren physikalischen Verhältnissen zeigen, wenn sie längere Zeit der Luft ausgesetzt oder gar getrocknet werden; ferner an die Eisenverbindungen, die in ihren verschiedenen Zuständen die schwer durchlüftbaren Bodenschichten namentlich charakterisiren, die sich aber in der Luft sehr rasch umwandeln und ihre physikalischen Eigenschaften verlieren.

Die verschiedene Durchlässigkeit der Bodenarten für Luft ist in der weit überwiegenden Zahl der Fälle durch die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens bedingt; durch Wasser wird der Boden von der Luft abgeschlossen und das Eindringen der letzteren gehindert. Es ist daher auch selbstverständlich, daß man den Boden in denjenigen Feuchtigkeitszustand versetzt, den er unter den natürlichen Verhältnissen einnimmt, wenn man die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens bestimmen will. Gleichwie die Wasserkapacität so muß auch die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens mit dem letzteren in seiner natürlichen Lagerung vorgenommen werden.

Ein Boden, welcher eine größere Wasserdichte als 250 besitzt, muß unter gewöhnlichen Verhältnissen als sogen. „Naßland" bezeichnet werden. Er eignet sich nur in wenig Fällen noch zur Feldkultur und wird zweckmäßig als Wiese niedergelegt. Ein solcher nasser Boden ist auch schwer durchlüftbar und in Folge dessen zum Anbau unserer gewöhnlichen Kulturpflanzen nicht mehr zu verwenden.

In vielen Fällen wird man aus dem Wassergehalt eines Bodens bereits einen Schluß auf dessen Durchlüftbarkeit ziehen können. Aber doch nicht immer. Einige Bodenarten setzen an sich dem Eindringen der Luft einen großen Widerstand entgegen; ich habe aber solche Bodenarten nur unter denjenigen gefunden, die man als nicht „gar" bezeichnet; es sind dies namentlich Böden des Untergrundes, welche der Luft noch nicht längere Zeit ausgesetzt worden waren, die aber nicht feucht oder naß zu sein brauchen. Bei dem Rajolen eines Bodens war aus 1 m Tiefe ein Lehmmergel auf die Oberfläche gekommen, der sich 3 Jahre lang durch seine Unfruchtbarkeit auszeichnete. Ein ähnlicher Boden späterhin

Digitized by Google

auf seine Durchlüftbarkeit untersucht, ergab, daß selbst bei einem Wasserdruck von 20 mm keine Luft durch denselben getrieben werden konnte. Jedenfalls war dieser Umstand die Ursache der Unfruchtbarkeit.

Die Prüfung der Durchlüftbarkeit lasse ich gewöhnlich gleichzeitig mit den Wasserkapacitätsbestimmungen ausführen. Bevor die Ackerkrume in der früher beschriebenen Weise in den Blechcylinder durch das Sieb eingebracht wird, stellt man eine aus Messing gegossene Art Trichterröhre mit der mundstückartigen Erweiterung auf den Boden (Untergrund) auf und befestigt sie in einem Tubus, der in der Mitte des aufzusetzenden Siebes angebracht ist vermittelst eines Korkes; (die Metalltrichterröhre hat eine runde Oeffnung von 1 cm Durchmesser). Erst dann wird der Boden in das Gefäß eingeschwemmt. Bevor nun die Bodenproben zur Wasserbestimmung entnommen werden, wird die Durchlüftbarkeit bestimmt und das Metalltrichterrohr mit einem luftdicht geschlossenen Meßcylinder vermittelst Kautschuckschläuche und Glasröhren in Verbindung gebracht, in welchen durch Hebervorrichtung ein durch Schraubenquetschhahn regulirbarer Wasserstrahl einfließt. Für das in den Meßcylinder einfließende Wasser muß (bei gleichbleibendem Druck) ein gleiches Volumen Luft durch den betreffenden Boden dringen. Der Druck, welcher erforderlich ist, um den Widerstand des durchfeuchteten Bodens zu überwinden, wird an einem gleichzeitig mit dem Meßcylinder in Verbindung stehenden Wassermanometer gemessen.

Durch diese Vorrichtung ist man in den Stand gesetzt, nicht bloß den erforderlichen Ueberdruck, sondern auch die Zeit zu bestimmen, in welcher ein gewisses Quantum Luft durch den Boden bei einem bestimmten Druck getrieben werden kann.

Die gewöhnlichen Kulturböden zeigen eine leichte Durchlüftbarkeit bereits bei 2 cm Wasserdruck; sie lassen mindestens 40—60 ccm Luft in einer Minute unter den beschriebenen Vorrichtungen hindurchstreichen. Böden, welche unter diesen Verhältnissen bei 20 cm Druck nicht oder schwer [1]) durchlüftbar sind, taugen nicht mehr zu Ackerland.

---

[1]) Vollständig undurchlüftbar bei 20 cm Druck sind die Böden sehr selten; einzelne Tropfen Wasserzufluß sind unter solchen Verhältnissen immer erforderlich, um den Druck auf dieser Höhe zu erhalten, ein Beweis, daß eine geringe Menge Luft durch den Boden den Ausweg findet; ich habe z. B. 40—50 Tropfen Zufluß pro Minute bei derartigen Böden gezählt.

Digitized by Google

Bis heute haben wir nur geringe Kenntniß von der Größe des Widerstandes, den unsere verschiedenen Kulturböden dem Durchdringen der Luft entgegensetzen. Es war mir bei meinen bisherigen Untersuchungen interessant, die verschiedenen Ansprüche zu beobachten, welche unsere Kulturpflanzen in dieser Beziehung an den Boden stellen. Zucker- und Futterrüben, Erbsen und namentlich auch Kartoffeln gedeihen absolut nicht auf einem Boden, welcher bei 2 cm Ueberdruck nicht wenigstens 1 l Luft in 25 Minuten (pro Minute 40 ccm) hindurchtreten läßt. Der Hafer ist weit weniger anspruchsvoll in dieser Beziehung, obgleich sein Ertrag in schwer durchlüftbaren Böden sehr nachläßt. In den bei 20 cm Druck nicht durchlüftbaren Böden wachsen nur Schachtelhalm, Sumpfvergißmeinnicht und entsprechende Pflanzen, deren Athmungsenergie eine geringe ist.

Größere Versuchsreihen in dieser Frage versprechen interessante Aufschlüsse über das Bedürfniß unserer Kulturpflanzen an Luft (Sauerstoff) zur Athmung der Wurzeln zu geben. Bisher ist diese Frage einer experimentellen Prüfung so gut wie gar nicht unterzogen worden. Wie maßgebend dieser Faktor für die Pflanzenkultur ist, geht daraus hervor, daß man durch Veränderung der Durchlüftbarkeit die Vegetation vollständig ändern kann. Ein Stück Torfwiese wurde mit einem schwer durchlüftbaren Mergelboden 2—5 cm stark während des Winters überkarrt; in dem darauf folgenden Sommer waren die vorhandenen süßen Wiesengräser vollständig verschwunden und der Bestand wurde ausschließlich von Equisetum gebildet, das sich in üppigster Weise darauf entwickelte.

Ich hoffe, daß die vorgeschlagene Methode das Mittel bietet, um über diese Fragen weitere Aufschlüsse zu erhalten.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

G. Marek. **Ueber den Einfluß der Reihenrichtung auf die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und die Entwickelung der Pflanzen.** Journal f. Landwirthschaft. Bd. XXXIII. 1885. Heft 3. 4. S. 357—466.

Das Resumé, welches Verf. aus seiner sehr umfangreichen, mit zahlreichen Tabellen versehenen Abhandlung zieht, lautet wie folgt:

1. Die von Nord nach Süd veranlagte Reihenrichtung zeigt unter gleichen Verhältnissen eine größere Erwärmung, wie die von Ost nach West verlaufende. Die größere Erwärmung erstreckt sich nicht nur auf die Reihen, in welchen sich Pflanzen befinden, sondern auch auf die dazwischen liegenden Furchen und Zwischenräume; sie ist größer auf Kämmen und geringer bei der Flachkultur, größer auf höheren, geringer auf kleineren Kämmen. Sie erstreckt sich auch auf die Reihenrichtung der Beete. Dieselbe ist bei allen Oberflächengestaltungen des Bodens zu konstatiren, welche nach der genannten Reihenrichtung veranlagt sind, gleichviel ob dieselben bepflanzt oder unbepflanzt sind. Die größere Erwärmung erstreckt sich daher auch auf in rauher Furche liegendes Land, auf Brachland, auf Kämme oder Balken, schmale und breite Beete u. s. w.

2. Das Maß der größeren Erwärmung der Reihenrichtung Nord-Süd hängt von dem Jahrgang und der Temperatur in den einzelnen Monaten ab. Dasselbe ist größer in warmen Monaten, kleiner in Monaten mit geringer Temperatur. Im Mittel der angestellten Versuche schwankte dasselbe zwischen 0,47—0,53° R. auf den Kämmen und 0,20—0,26° R. in den Furchen.

3. Die Summe dieser Mehrerwärmung fällt fast ausschließlich auf die Mittagstemperatur.

4. Die Schwankungen der Morgen- und Mittagstemperatur sind bei der von Nord nach Süd verlaufenden Reihenrichtung größer als wie bei der Reihenrichtung Ost-West. Sie sind größer auf den Kämmen, kleiner auf den Beeten und dem flachen Lande, am kleinsten in den Furchen. Die größten zwischen der Morgen- und Mittagstemperatur zu verfolgenden Unterschiede sind an einzelnen Tagen wahrzunehmen und erreichen diese selbst die Zahl von 23° R. Kleiner sind die mittleren monatlichen Schwankungszahlen, am kleinsten die für die ganze Beobachtungsdauer lautenden. Innerhalb der einzelnen Monate sind die Schwankungen in wärmeren Monaten größer, in kälteren kleiner.

5. Die Unterschiede zwischen der Erwärmung der Beete und der Furchen sind bei der von Nord nach Süd verlaufenden Reihenrichtung größer als bei der Reihenrichtung Ost-West. Dieselbe Wahrnehmung ist auch bei den Kämmen und Flachsaaten zu machen. Innerhalb derselben Reihensaat sind die Unterschiede am größten bei Kämmen, kleiner bei Beeten und am kleinsten bei den Flachsaaten, am größten an einzelnen Tagen (bis 10,2° R.), am kleinsten für das Mittel der ganzen Beobachtungsdauer.

6. Des Morgens sind die Rücken der Beete wie die Firste der Kämme kälter als die denselben zugehörigen Furchen. An einzelnen Tagen betrugen die Differenzen

Digitized by Google

bis 3,70° R. und ist diese Erscheinung als eine Wirkung der nächtlichen Strahlung zu erklären.

7. Die Reihenrichtung Nord-Süd ist unter gleichen Verhältnissen trockener wie die Reihenrichtung Ost-West. Die Unterschiede in den Feuchtigkeitsmengen erstrecken sich auf Kamm- und auf Flachsaaten. Sie sind auf die ungleichen Einwirkungen der Sonnenstrahlen zurückzuführen. Bei der Reihenrichtung Nord-Süd werden beide Seiten von der Sonne beschienen, Vormittags die östliche, Nachmittags die westliche. Bei der Reihenrichtung Ost-West ist die nach Norden gedrehte Seite bei Kämmen weniger oder gar nicht beschienen und bleibt in Folge dessen kälter und feuchter. Bei Pflanzenreihen auf flachem Lande bildet sich ein Beschattungsstreifen, der um so größer wird, je weiter die Vegetation und mit dieser die Blattentwickelung vorgeschritten ist. Es ist wohl selbstverständlich, daß solche Eigenthümlichkeiten nicht ohne Einwirkung auf die Entwickelung der Pflanzen sind und sich je nach der Pflanzengattung auch verschieden aussprechen.

8. Zuckerrüben in der Reihenrichtung Nord-Süd gesäet zeigen gegenüber Reihensaaten der Richtung Ost-West eine anfänglich geringere Entwickelung. Durstperioden, welche in diese Periode fallen, vermögen das Wachsthum dieser Reihenrichtung nicht wenig zu beeinträchtigen und selbst den Pflanzenstand lückig zu gestalten. Die Reihenrichtung Ost-West ist für solche regenlose Zeiträume günstiger und dem Wachsthum förderlicher. Doch hat die zweite Periode der Wurzelentwickelung diese Unterschiede regelmäßig ausgeglichen und am Schluß der Vegetation d. i. in der dritten Periode Rüben bei der Reihenrichtung Nord-Süd erzeugt, welche größer in der Wurzel, höher im Zuckergehalt, reiner in den Säften, aber geringer in der Blattentwickelung waren. Pro Hektar berechnet betragen diese Unterschiede für die Reihenrichtung Nord-Süd + 17,88 Ctr. Rüben — 25,62 Ctr. Blätter und Rübenköpfe und + 0,48% Zuckergehalt mit + 1,66% im Reinheitsquotienten des Saftes.

9. Bei Kartoffeln scheint die Reihenrichtung Nord-Süd ähnliche Erfolge aufzuweisen wie bei der Zuckerrübe. Die Kammkultur gab durchwegs höhere Erträge für die Reihenrichtung Nord-Süd; auf den Beeten ließ sich jedoch diese Wahrnehmung nicht machen. Es darf auch angenommen werden, daß unter gleichen Verhältnissen die Reihenrichtung Nord-Süd eine geringere Zahl von kranken Kartoffeln erzeugen wird wie die Reihenrichtung Ost-West.

10. Bei der Lupine und Pferdebohne waren die Entwickelungsverhältnisse ungleich günstiger für die Reihenrichtung Ost-West. Höhe der Pflanze wie Massengewicht überwogen nicht wenig die Reihenrichtung Nord-Süd. Auch bei dem Mais ließ sich die ungleich günstigere Entwickelung der jugendlichen Pflanze bis zur Blütheperiode verfolgen. Ebenso hat die Lupine nicht nur größere Erträge bis zur Zeit der Blüthe, sondern auch größere Quantitäten zur Zeit der Körnerernte für die Reihenrichtung Ost-West geliefert.

11. Bei der Gerste lauteten die Versuche nicht einhellig. Von zweien der angestellten Versuche sprach sich der eine für die bessere Entwickelung der Reihenrichtung Ost-West aus. Es mochte dies im Jahrgang gelegen haben. Ein zweiter Versuch ergab dagegen eine größere Samenernte mit höheren Körnerqualitäten, aber geringeren Strohmengen für die Reihenrichtung Nord-Süd. Weil diese Resultate auch schon auf großen Flächen erzielt wurden, so darf ange-

Digitized by Google

nommen werden, daß diese Wahrnehmungen der Drillsaaten mit der Reihenrichtung Nord-Süd in der größeren Zahl der Fälle gemacht werden dürften.

12. Verf. glaubt, daß aus diesen Versuchen Analogien auf Verhältnisse der Praxis gefolgert werden können, obgleich für dieselben direkte Versuche nicht vorliegen.

So dürfte beispielsweise anzunehmen sein, daß bei Handelsfrüchten, wie bei dem Hopfen, die Reihenrichtung Nord-Süd die günstigere Qualität erzeugen wird; dieselbe Wahrnehmung dürfte auch bei anderweitigen Früchten zu machen sein, bei denen das Bedürfniß für eine größere Wärmemenge naturgemäß vorliegt. Ebenso dürften Anlagen, bei denen ein größerer Grad von Trockenheit erwünscht erscheint, mit der Ausführung der Reihenrichtung Nord-Süd den beabsichtigten Zweck besser erreichen lassen.

Dagegen dürfte in Fällen, bei welchen mehr trockene Verhältnisse vorliegen, sei es durch die Zahl der geringeren atmosphärischen Niederschläge, oder die Art des Bodenmaterials oder durch sonstige anderweitige Einflüsse, es gerathener sein, die Reihenrichtung Ost-West anzuwenden. Diese Reihenrichtung war der Erzeugung von größeren Blattmassen und Körnermengen bei den Hülsenfrüchten günstiger und dürften diese günstigen Einflüsse derselben auch bei Aussaaten von anderweitigen Futterpflanzen hervortreten. Diese Reihenrichtung dürfte sich auch für Hackfrüchte, namentlich für Rüben und Kartoffeln empfehlen und auch bei Forstanlagen zu beachten sein, die auf Sandboden oder südlich gelegenen Lehnen zu bewerkstelligen sind. Sie dürfte überhaupt bei mehr trockenen Lagen zu berücksichtigen und in der Mehrzahl der Saaten, wo Reihensaaten die Regel bilden, nach Thunlichkeit der Reihenrichtung Nord-Süd vorzuziehen sein.

Den Gegensatz zu diesen Verhältnissen bilden die feuchten, an Untergrundnässe leidenden und wegen Klima wie Bodenbeschaffenheit mehr für die Reihenrichtung Nord-Süd sich eignenden Lokalitäten, bei welchen nicht nur die Saaten dieser Reihenrichtung zu Zwecken des besseren Gedeihens und der besseren Unkrautreinigung sich besser bewähren, sondern auch die Anlage von Gräben bei Meliorationen eine bessere Austrocknung bewerkstelligen lassen dürfte. Alles in Allem scheint der Einfluß der Reihenrichtung viel wichtiger zu sein, als man geneigt war bisher anzunehmen.

G. Marek. **Ueber den Einfluß der Bodenbeschaffenheit und der Kulturmethode auf die Ausbreitung der Kartoffelkrankheit.** Georgine. Jahrg. 53. Nr. 41. S. 343—344.

Bei dem Anbau von verschiedenen Kartoffelsorten auf verschiedenen Bodenarten betrug die Zahl der kranken Knollen im Durchschnitt:

bei dem Sandboden	14,3 %
„ „ Moorboden	26,1 %
„ „ gekalkten Lehmboden .	33,2 %
„ „ Humusboden	33,6 %
„ „ Thonboden	36,1 %
„ „ Lehmboden	39,1 %.

Verfasser suchte ferner den Einfluß der von *J. L. Jensen*[1]) zur Bekämpfung der

[1]) *J. L. Jensen.* Die Kartoffelkrankheit kann besiegt werden durch eine einfache und leicht auszuführende Kulturmethode. Deutsch von *H. Bay.* Leipzig. 1882.

Digitized by Google

Kartoffelkrankheit vorgeschlagenen Methode auf die Ausbreitung des Kartoffelpilzes im Vergleich zu dem gewöhnlichen Anbauverfahren zu ermitteln. In Bezug auf Ausführung jener Methode mögen folgende Bemerkungen gestattet sein.

Jensen schlägt vor, die Kartoffeln auf dem zuvor gelockerten Boden in 30 Zoll (1 Zoll = 2,6 cm) von einander entfernten Reihen zu kultiviren und die Reihen zunächst flach (etwa 4 Zoll hoch) zu behäufeln. Diese Arbeit kann, sofern es als dienlich erachtet werden sollte, wiederholt werden. Die Schutzhäufelung, welche dazu dient, die Erkrankung der Knollen in der Erde hintanzuhalten, wird ausgeführt, sobald sich Krankheitsflecke auf den Blättern zu zeigen beginnen, und zwar nur von einer Seite der Dämme, „indem man einen hohen Kamm mit einer bedeutenden Abschrägung der unteren Breite nach derjenigen Seite, von welcher die Häufelung ausgeführt wird, anhäufelt. Die hierdurch erzeugte Erddecke oberhalb der obersten Fläche der zu oberst liegenden Knollen muß anfänglich ca. 5 Zoll dick sein, da dieselbe durch späteres Zusammensinken und Heruntergleiten in der Regel bis auf 4 Zoll reducirt wird. Zugleich mit dieser Häufelung wird dem Kartoffelkraut eine mäßige Neigung nach der entgegengesetzten Seite gegeben, und zwar derart, daß das Kraut eine wenigstens halb aufrechte Stellung erhält.“ [1])

Die Versuche des Verf. mit vorstehend beschriebener und der gewöhnlichen Kulturmethode lieferten folgendes Resultat:

Varietät	Gewicht der erkrankten Knollen in %		Stärkegehalt		Ernte pro 0,25 ha	
	Gewöhnl. Behäufelung	Jensen'sche Behäufelung	Gewöhnl. Behäufelung	Jensen'sche Behäufelung	Gewöhnl. Behäufelung	Jensen'sche Behäufelung
1. Sächsische Bisquit:	59,7	51,9	15,3	15,0	131,4	94,5
2. Alkohol:	46,1	14,1	18,8	15,3	221,4	161,4
3. Richter's Edelstein:	22,9	54,5	16,2	16,2	136,2	132,7
4. Richter's Schneerose:	46,2	17,1	15,8	16,6	85,8	161,6
5. Magnum bonum:	1,7	0,1	13,8	14,0	127,5	118,8
Mittel:	35,5	27,5	15,9	15,4	140,5	153,8.

E. W.

***F. Nobbe.* Ueber das Jensen'sche Verfahren zur Besiegung der Kartoffelkrankheit.** Sächsische landw. Zeitschrift. 1886. Nr. 10 u. 11. S. 133—137, 149—152 und Biedermann's Centralblatt für Agrikulturchemie. 1886. Heft VIII. S. 549—553.

Auf Veranlassung des sächsischen Landeskulturraths hat Verf. bereits 1883 Feldversuche behufs Prüfung der Jensen'schen Schutzhäufelung[1]) ausgeführt und hat ähnliche Versuche auch 1884 und 1885 unternommen.

Den Versuchsfeldern von 1883 war der „Kartoffelpilz“ Phytophthora infestans, den es durch die Schutzhäufelung zu bekämpfen gilt, gänzlich fern geblieben; aus diesem Grunde und da sich durch die starke Anhäufelung einige für das Wachsthum der Kartoffelpflanze und für die Knollenbildung wirthschaftlich interessante Gesichtspunkte angedeutet hatten, wurden die Versuche auch 1884 und 1885 wiederholt.

[1]) *Jensen* hat zu diesem Zweck einen besonderen Häufelpflug konstruirt.

Digitized by Google

Versuche von 1884.

Als Versuchsfeld diente ein Sandboden und ein schwerer diluvialer Thonboden, als Saatgut ein nicht näher bestimmter Abkömmling der „Sächsischen Zwiebel“ mit hellgrünem Laube. Der Sohland'sche Schutzhäufelpflug war von der Firma Chr. Schubert & Hesse in Dresden dargeliehen worden.

A. In Klotzsche — Sandboden — erfolgte die Anpflanzung am 3. Mai 1884 in vier von Nord nach Süd laufenden Reihen zu je 100 Stöcken, denen vier gleiche in gewöhnlicher Weise behäufelte Zeilen zur Kontrole dienten. Die Schutzhäufelung erfolgte am 16. August. Die Ernte fand am 1. Oktober statt und ergab von je 100 Stöcken:

a) Zahl der geernteten Knollen.

Reihe	bei gewöhnl. Behäufelung	davon fleckig	bei Schutzhäufelung	davon fleckig
1.	1884	17	1736	6
2.	1768	27	1968	5
3.	1940	16	1684	22
4.	1846	12	1723	14
Mittel:	1849	18	1778	12.

b) Gewicht der geernteten Knollen (kg).

Reihe	bei gewöhnl. Behäufelung	davon fleckig	bei Schutzhäufelung	davon fleckig
1.	34,837	0,2085	37,983	0,0665
2.	34,064	0,5480	38,042	0,0540
3.	33,540	0,2100	33,691	0,3710
4.	35,642	0,2940	33,373	0,1840
Mittel:	34,521	0,3151	35,772	0,1690.

Von der Schorfkrankheit waren die Kartoffeln frei, ebenso fehlte der Kartoffelpilz, der auch durch Züchtung unter den dazu vorgeschriebenen Maßnahmen an den fleckigen Knollen nicht zur Entwickelung zu bringen war.

B. In Räcknitz — fruchtbarer Thonboden — fand die Auspflanzung am 30. April statt. Die gesammte Knollenernte ergab auf je 100 Stöcke:

	bei gewöhnlicher Behäufelung	bei Schutzhäufelung
nach Zahl	1211	1331
„ Gewicht (kg) . .	52,034	46,708

mithin schutzbehäufelt ein Minus von 10,24 %.

Von den auf 100 Stöcke geernteten Knollen waren fleckig:

	bei gewöhnlicher Behäufelung		bei Schutzhäufelung	
	absolut	in % der Ernte	absolut	in % der Ernte
nach Zahl	18	1,49	8,5	0,64
„ Gewicht	0,868	1,65	0,218	0,47.

Die Schorfkrankheit war 1884 auf dem Räcknitzer Thonboden an der größten Mehrzahl der Knollen stark vertreten, während der Kartoffelpilz gänzlich fehlte.

Der Zahl nach betrug die Knollenernte von 100 Stöcken

	bei gewöhnl. Behäufelung		bei Schutzhäufelung	
	Sandboden	Lehmboden	Sandboden	Lehmboden
1883	1240	1087	1234	1027
1884	1849	1211	1778	1331
Mittel:	1575	1149	1506	1179.

Digitized by Google

Mittel des Sandbodens überhaupt 1526 Knollen,
„ „ Lehmbodens „ 1164 „ .

Dem Gewichte nach wurden von 100 Stöcken geerntet (kg):

	bei gewöhnl. Behäufelung		bei Schutzhäufelung	
	Sandboden	Lehmboden	Sandboden	Lehmboden
1883	15,633	57,490	19,162	44,248
1884	34,521	52,034	35,772	46,708
Mittel:	25,077	54,762	27,467	45,478.

Mittel des Sandbodens überhaupt 26,272 kg,
„ „ Lehmbodens „ 56,120 „ .

Versuche von 1885.

Die Wiederholung der Schutzhäufelung im Jahre 1885 wurde auf den Räcknitzer Lehmboden beschränkt. Die früheren Versuche hatten den Wunsch nahe gelegt, die Schutzhäufelung entweder möglichst spät oder möglichst früh auszuführen, um die Beschädigung der oberirdischen Organe durch den Pflug thunlichst herabzumindern. Es fand daher im Jahre 1885 die Schutzhäufelung schon am 14. Juli statt. Die am 22. Oktober vollzogene Ernte ergab auf 100 Stöcke:

	bei gewöhnlicher Behäufelung	bei Schutzhäufelung
nach Zahl	1300	1114
„ Gewicht (kg) . .	70,913	59,971.

Die durch die Schutzhäufelung verursachte Depression der Ernte beträgt wiederum 15,14 %, bewirkt durch einen numerisch geringeren Knollenansatz. Fleckige und schorfige Knollen haben sich in geringer Menge ohne Unterschied der Behäufelungsart vorgefunden, dagegen ist von dem Kartoffelpilz keine Spur entdeckt worden.

Die vorstehenden Versuche ergaben, daß die Schutzhäufelung einen Minderertrag im Gefolge hatte[1]). Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in der durch den Pflug verursachten Laubzerstörung einerseits und in der Uebererdung eines erheblichen Theiles lebenskräftiger Blätter andererseits. Auf dem fruchtbaren Lehmboden zu Räcknitz betrug die Abminderung des Ertrages durch die Schutzhäufelung 1883 23,03 %, 1884 10,24 %, 1885 15,42 %. Der Laubzerstörung durch den Schutzhäufelpflug wäre zu begegnen, wenn die Reihenweite noch größer als 72 cm genommen würde. Neuerdings schreibt auch *Jensen* eine Zeilenentfernung von 78 cm vor. Außerdem wäre die Schutzhäufelung so frühzeitig auszuführen, daß noch ein starker Nachwuchs der Stammtheile möglich wäre.

Auf Grund dieser Versuche glaubt Verf. schon jetzt den Landwirthen die versuchsweise Anschaffung des Schutzhäufelpfluges und dessen Verwendung empfehlen zu können.

C. Reinl. **Untersuchungen über die physikalischen und antiseptischen Eigenschaften verschiedener Torfsorten.** (Aus: Vergleichende Untersuchungen über den therapeutischen Werth der bekanntesten Moorbäder Oesterreichs und Deutschlands). Prager medicinische Wochenschrift. 1886. Nr. 13—15.

Die Moore, die der Untersuchung unterzogen wurden, waren folgende: Moor

[1]) Vergl. *E. Wollny.* Saat und Pflanze der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen. Handbuch für die Praxis. Berlin 1885. *Paul Parey.* S. 782.

Digitized by Google

aus Bocklet-Kissingen, Cudowa, Elster, Franzensbad, Königswart, Marienbad, Neudorf, Pyrmont, Reinerz, Steben, Teplitz.

Für die hygroskopischen Eigenschaften des Moores wurde der Ausdruck in jenen Wassermengen gesucht, welche die lufttrockene Substanz bei 100° verlor. Der Verlust an Wasser beim Trocknen betrug bei dem Torf von

Cudowa	39,43%
Neudorf	35,07%
Marienbad . . .	28,80%
Steben	23,34%
Franzensbad . . .	18,16%
Reinerz	18,12%
Königswart . . .	17,39%
Teplitz	14,77%
Elster	14,42%
Kissingen	13,85%
Pyrmont	12,47%.

Bei Bestimmung der Wasserkapacität wurde ein gewöhnlicher Glastrichter, dessen Oeffnung mit etwas Glaswolle verschlossen war, mit einer bestimmten Quantität Moores gefüllt (50 g lufttrockenes Material). Um möglichst gleichmäßige und besser vergleichbare Resultate zu bekommen, wurden die Moore zuvor durch Sieben auf gleiche Feinheit gebracht. Auf den Trichter wurden bestimmte Quantitäten kalten Wassers aufgegossen. Nach diesen Versuchen gestaltete sich das Absorptionsvermögen der verschiedenen Torfsorten folgendermaßen.

	Aufgenommenes Wasser in Procenten der		100 g H_2O bedürfen zur völligen Sättigung	
	lufttrockenen Substanz	Trocken-	vom lufttrockenen Moor	von bei 100° getr. Moor.
Franzensbad	164	195	61	51
Marienbad	160	224	60	44
Pyrmont	243	277	41	36
Cudowa	173	285	57	35
Königswart	264	319	38	31
Reinerz	263	321	38	31
Neudorf	224	344	44	39
Steben	300	391	33	25
Elster	338	394	42	25
Teplitz	536	633	35	15
Kissingen	874	1013	11	9,8.

Es ergeben sich also Schwankungen in der Absorptionsfähigkeit, die bis auf das 5- und 7-fache sich erstrecken. Die höchsten Grade erreichen Teplitz und Bocklet-Kissingen, welche das Doppelte der beim Minimum der Absorptionsfähigkeit gefundenen weit überschreiten. Alle übrigen Moorarten gehen in der Absorptionsfähigkeit nicht über's Doppelte hinaus. Am nächsten dem bei Franzensbad gefundenen Minimum tritt Marienbad.

Hinsichtlich des Verhaltens der Moorarten gegenüber der Entwickelungs- und Lebensfähigkeit niederer Organismen hatte Verf. bereits früher nachgewiesen, daß das Franzensbader Moor im hohen Grade

Digitized by Google

hemmend auf die Entwickelung von niederen Organismen wirkt[1]). Diese Versuche wurden neuerdings aufgenommen und erweitert.

Es wurde in erster Linie die etwaige Existenz von Organismen in den Mooren überhaupt zu eruiren versucht, und zwar in der Weise, daß einzelne Moorbröckel mit sterilisirter Nährgelatine vermischt und einige Zeit beobachtet wurden. Das Resultat war bei allen Moorarten ein gleiches. Es entwickelten sich allenthalben in ziemlicher Menge Schimmelpilze, die rasch überwucherten, so daß Spaltpilze nicht zur Beobachtung gelangten.

In den Versuchen über das Verhalten von organischen, fäulnißfähigen Organismen in den Mooren wurden Cylindergläser bis zur Hälfte mit lufttrockenem Moor der verschiedenen Moorarten gefüllt und auf diese Moorlage gleiche Quantitäten (ca. 25 g) frischen Fleisches gelegt, jedoch so, daß das Fleisch nirgends mit der Wandung in Berührung kam. Alsdann wurde der Rest mit den Mooren eingeschüttet, derart daß das Fleisch ganz von Moor eingehüllt war.

Von Zeit zu Zeit wurde geprüft, ob sich irgend welche Fäulnißgase entwickelten. In keinem einzigen der hier zur Untersuchung gelangten Moore trat dieser Fall ein. Die Gefäße wurden durch 6 Wochen beobachtet; nach Ablauf dieser Zeit wurde das oberflächlich aufgeschichtete Moor entfernt und das Fleisch hervorgeholt; dasselbe war allenthalben in eine außerordentlich feste, holzige Masse umgewandelt, die auch im Schnitte eine Art holzige Beschaffenheit zeigte und an der Oberfläche reichlich von Schimmelvegetationen durchzogen war, welche sich aber nicht tiefer in die Moorschichten hinein erstreckten. Das Volumen des Fleisches war auch entsprechend dem vollständigen Wasserverlust um ein Bedeutendes reducirt. Es trugen zum Zustandekommen dieses Processes der Verwesung offenbar drei Faktoren bei, einmal das hohe Absorptionsvermögen des Moores für Wasser, wodurch das für einen Fäulnißproceß nothwendige Substrat der Feuchtigkeit dem Fleisch allmählich von der Oberfläche her entzogen wurde, sodann auch wohl die Säurereaktion der immerhin oberflächlich am Fleische in Lösung übergehenden Auslaugungsprodukte der Moore, durch welche gleichfalls die Entwickelung von Fäulniß- und Spaltpilzen überhaupt gehemmt, dagegen die von Schimmelpilzen begünstigt wird; endlich der Reichthum der Moore an Schimmelpilzen, die auch wieder durch die außerordentliche Porosität des Materials genügend Luft zu ihrer Entwickelung finden. Vielleicht spielt auch das Absorptionsvermögen der Moore für Gase insoweit eine Rolle, als der ganze Proceß geruchlos ablief.

Mit Rücksicht darauf, daß ein großer Theil der antimycotischen Wirkung des Moores den in Lösung übergehenden Bestandtheilen desselben zuzuschreiben ist, wurde außerdem ein Versuch nach der Richtung angestellt, daß der Einfluß der Moorlaugen auf die Lebensthätigkeit und Proliferationsfähigkeit niederer Organismen untersucht wurde. Zu diesem Zweck wurde von jedem Moor eine bestimmte Quantität mit so viel Wasser, als dazu hinreichte, einen richtigen Brei herzustellen, angerührt, eine Stunde gekocht und sodann filtrirt. Unter Zusatz dieser Filtrate wurde Nährgelatine bereitet, und zwar bediente sich Verfasser der Fleischinfus-Pepton-Gelatine.

[1]) Vergl. die Versuche von *Gaffky* (Archiv f. klin. Chirurgie. 28. Bd. 3. Heft) und *Neuber* (Ibid. 27. Bd. 4. Heft u. 28. Bd. 3. Heft).

Digitized by Google

Es zeigte sich, wie in früheren Versuchen des Verf., daß es vorwiegend die Säure sei, die ihren Einfluß auf die Pilze geltend macht, daß mit Abstumpfung dieser Säure auch die Wirkung aufgehoben wird. Die an Säure reichen Moorarten von Franzensbad und Marienbad zeichneten sich deshalb besonders aus; sie vermochten das Wachsthum der Pilze, selbst bei Anwendung verdünnter Moorlaugen, vollständig zu hemmen. Was die anderen untersuchten Moore anbelangt, so verhielten sie sich ziemlich gleichmäßig und zwar in der Weise, daß sie sämmtlich in ihren Verdünnungen die Entwickelung der Organismen auf größere oder kleinere Perioden verzögerten. *E. W.*

A. Baumann. **Ueber die Bestimmung des im Boden enthaltenen Ammoniakstickstoffs und über die Menge des assimilirbaren Stickstoffs im unbearbeiteten Boden.** Habilitationsschrift. 1886.

Ueber die Menge der Stickstoffnahrung der Pflanzen im Boden, d. i. über die Menge des Ammoniaks und der Salpetersäure ist in früheren Jahren eine größere Anzahl von Untersuchungen angestellt worden. Nachdem aber gegen die Richtigkeit der bei diesen Arbeiten angewendeten Methoden, vorzüglich der Ammoniakbestimmung, durch einzelne Beobachtungen der letzten Jahre gewichtige Bedenken sich erheben mußten, ist es vom Verf. unternommen worden, sowohl die zur Bestimmung des Ammoniaks angewandten Methoden einer Vergleichung zu unterziehen, als den Vorrath assimilirbaren Stickstoffes im Boden festzustellen. Hierbei wurde zunächst der unbearbeitete Boden in Betracht gezogen, weil nicht erwartet werden konnte, daß bei Untersuchung gedüngter Böden wegen des beständigen Wechsels, welchem der Gehalt an Ammoniaksalzen und Nitraten durch Zuführung thierischer Substanzen und deren Zersetzung unterliegen muß, allgemeine Gesichtspunkte über den Gehalt des Bodens an diesen wichtigen Nährstoffen zu gewinnen sind.

In das Bereich der Untersuchung konnte als unbearbeiteter Boden auch der Waldboden gezogen werden, über dessen Gehalt und Wechsel an assimilirbarem Stickstoff sehr wenig bekannt ist.

Die bezüglich der Bestimmung des Ammoniaks im Boden vom Verf. angestellten Versuche, weil rein chemischer Natur, übergehend, mögen die Resultate jener Untersuchungen hauptsächlich hier eine Stelle finden, welche die Bestimmung des Stickstoffs als Ammoniak und Salpetersäure zum Gegenstand hatten.

Die Böden, welche zur Ermittelung der Ammoniakmenge in verschiedenen Bodenarten benutzt wurden, waren folgende:

1. Lehmboden, aus verwittertem Granit vom Fichtelgebirge,
2. Boden aus Gneiß verwittert, vom Fichtelgebirge,
3. Boden aus Porphyr verwittert, aus der Rheinpfalz,
4. Boden aus Kohlensandstein entstanden, ziemlich fruchtbar,
5. Boden aus Basalt entstanden, von Unterfranken,
6. Boden aus Melaphyr entstanden, aus der Rheinpfalz,
7. Lehmboden von München, mit wenig Humus,
8. Lehmboden ebendaher, mit 12,5% Humusgehalt,
9. Kalkboden mit 13% kohlens. Kalk von München,
10. Lößboden von München, ohne Humus,

Digitized by Google

11. Sandboden von Schrobenhausen,
12. Moorboden von Aibling (Oberbayern),
13. Thon- und kalkreicher Ackerboden, von Hersching am Ammersee.

Die Bodenproben 1—11 wurden aus einer Tiefe von 2 bis 10 cm unter der Waldhumusdecke entnommen. Die Ammoniakbestimmungen sind auf den Feinerdegehalt berechnet. Unter Feinerde sind die Bodenbestandtheile verstanden, welche ein Sieb mit 0,5 mm Maschenweite passirt haben.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Analysen:

Nummer der Bodenart	Ammoniakstickstoff in 1 kg Boden		
	Methode von Schlösing	durch Destillation d. salzs. Auszuges mit MgO	azotometrisch im salzsauren Auszug
1	0,0448	0,02227	0,02781
2	0,0168	0,01105	0,01326
3	0,0336	0,01771	0,02214
4	0,0056	0,00443	0,00443
5	0,0280	0,02337	0,02894
6	0,0196	0,01243	0,01672
7	0,0252	0,01656	0,01656
8	0,0364	0,01460	0,01684
9	0,0028	0	0
10	0,0140	0,00658	0,00658
11	0,0448	0,00223	—
12	0,1981	0,00160	—
13	0,0224	0,01240	0, 0289

Bei Feststellung der Menge des Ammoniaks in denselben Böden zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenem Gehalt an organischen Substanzen wurden Bodenproben im Freien (I) und im Walde (II u. III) aus dem Forstrevier Bruck bei München zu verschiedenen Terminen während des Sommers entnommen. Boden I hatte einen Humusgehalt von 0,34—0,52%, II einen solchen zwischen 4,45—5,83, III von 13,20—15,78%. Der Ammoniakstickstoff in 1 kg Boden, bestimmt durch Destillation des salzsauren Auszugs mit Magnesia und darauf folgender Zersetzung des Ammoniaks im Azotometer betrug:

	6. Juni	11. Juli	25. Juli	8. August
Boden I	0,016	0,014	0,018	0,016
» II	0,015	0,013	0,018	0,014
» III	0,016	0,012	0,015	0,014

Die Menge des Ammoniaks in verschiedenen Tiefen desselben Bodens wurde in den mit I u. II bezeichneten Böden bestimmt, wobei sich Folgendes herausstellte:

Digitized by Google

Boden I.

Tiefe cm	6. Juni	11. Juli	25. Juli	8. August
1— 5	0,016	0,014	0,018	0,016
20—25	0,019	0,015	0,018	0,014
40—45	0,009	0,008	0,010	0,006
75—80	0,002	—	0,003	—

Boden II.

Tiefe cm	6. Juni	11. Juli	25. Juli	8. August
1— 5	0,015	0,013	0,018	0,014
20—25	0,012	0,010	0,016	0,014
40—45	0,010	0,006	0,004	0,008
75—80	0,004	0,002	0,002	0,004

Verf. leitet aus den mitgetheilten Zahlen folgende Schlüsse ab:

Der Ammoniakgehalt des unbearbeiteten Bodens ist ungleich in Böden verschiedener Art. Lehmböden enthalten am meisten Ammoniak, und es scheint, daß dessen Menge um so höher ist, je thonreicher der betreffende Boden ist.

Kalk- und Sandböden sind arm an Ammoniak, doch sind im humusreichen Sandboden organische Körper vorhanden, welche sehr rasch durch Natronlauge in der Kälte unter Ammoniakabspaltung zersetzt werden. Diesen Substanzen ist eine viel wichtigere Rolle bei der Ernährung der Gewächse und bei der Beurtheilung des Bodens zuzuschreiben, als bis jetzt geschehen ist. Ein auffallendes Beispiel hierfür ist Boden 11, dessen Ammoniakgehalt (im salzsauren Auszug bestimmt) nur 3 mg im Kilo beträgt, welcher aber mit Natronlauge innerhalb 48 Stunden 45 mg Ammoniakgas pro Kilo entwickelt.

In dem Betracht, daß die Ammoniakmenge in demselben Boden mit 13—15 % Humus nicht höher befunden wurde als im Boden mit nur 0,5 %, scheint der Gehalt des Bodens an organischer (vegetabilischer) Substanz durchaus keinen Einfluß auf den wirklichen Ammoniakgehalt des Bodens auszuüben. Die Ammoniakmenge in dem unbearbeiteten und ungedüngten Boden scheint für die betreffende Bodenart vielmehr eine konstante Größe zu sein, denn durch Analyse desselben Bodens zu verschiedenen Zeiten und nach anhaltend feuchter oder trockener Witterung wurde fast genau dieselbe Ammoniakmenge gefunden.

Es zeigte sich ferner, daß der Ammoniakgehalt im Boden mit der Tiefe abnahm. Während in einer Tiefe von 1—25 cm die Ammoniakmenge nahezu gleich ist, wird bei einer Tiefe von 40—45 cm bereits eine beträchtliche Abnahme bemerkbar; bei ungefähr 80 cm sind nur Spuren von Ammoniak, selbst in ammoniakreichen Böden vorhanden. Diese Erscheinung erklärt sich durch das Absorptionsvermögen des Bodens für Ammoniak, indem die oberen Bodenschichten die durch die Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen entstandene Ammoniakmenge festhalten.

(Hinsichtlich der Bestimmungsmethode erkennt man aus den Analysenresultaten mit verschiedenen Bodenarten, daß die *Schlösing*'sche Methode auch

Digitized by Google

bei nur 48stündiger Einwirkung der Natronlauge zu hohe Resultate liefert, und daß sie bei Böden, welche viel organische Substanz enthalten, ganz unbrauchbar ist. Als völlig zuverlässig dagegen ist diejenige Methode zu bezeichnen, nach welcher man den salzsauren Bodenextrakt mit frisch geglühter Magnesia usta destillirt, das überdestillirende Ammoniakgas vor jeder Berührung mit Kork oder Kautschuk schützt, durch verdünnte Schwefelsäure absorbiren läßt und das Ammoniak nach der Neutralisation der überschüssigen Schwefelsäure mittelst Magnesia usta azotometrisch bestimmt. Die Resultate fielen in den meisten Fällen außerordentlich befriedigend aus. Nur bei Boden 11 und 12 konnte kein richtiges Ergebniß erzielt werden, indem das Auftreten eines stechend unangenehm riechenden Gases bemerkt wurde, welches das Analysenresultat völlig trüben mußte.)

Die Menge der Salpetersäure im ungedüngten Boden wurde, um den Zufälligkeiten, welchen der Salpetergehalt des Bodens durch künstliche Zuführung animalischer Stoffe unterworfen ist, zu begegnen, vorzugsweise in Wald- und unbebauten Böden, welche mindestens 30 Jahre ohne jede Düngung geblieben waren, ermittelt. Der Einfluß der Witterungsverhältnisse aber wurde durch öftere Untersuchung eines Bodens von demselben Orte zu kompensiren versucht, indem die Bodenproben sowohl nach andauerndem Regen als nach anhaltend trockenem Wetter genommen wurden.

Als Bestimmungsmethode konnte Verf. die von *Schlösing* nur in wenigen Fällen anwenden, denn in einer größeren Quantität Boden (1 kg) konnten häufig nur Spuren von Salpetersäure aufgefunden werden und bei Bestimmung so geringer Mengen versagt fragliche Methode den Dienst. Der Gang der Untersuchung, welchen Verf. einschlug, war folgender:

1000 g des lufttrockenen Bodens wurden mit ebenso viel Wasser übergossen, daß dessen Menge mit dem im Boden enthaltenen Wasser 2000 ccm betrug, und unter häufigem Umschütteln 48 Stunden digerirt. Hierauf wurde filtrirt, und das Filtrat sowohl mit Brucin als mit Diphenylamin auf Salpetersäure geprüft. Stellte sich keine Reaktion heraus, so wurde 1 l des Bodenextraktes auf Zusatz von etwas Soda zum Trocknen verdampft, der Rückstand mit verdünntem Alkohol ausgekocht, filtrirt, die alkoholische Lösung abermals verdampft und der Rückstand in 40 ccm Wasser gelöst. Es wurde nun wieder mit Brucin und Diphenylamin geprüft und falls die Reaktion deutlich genug ausfiel, in dem abgemessenen Rest der Lösung die Salpetersäure nach der Methode *Marx-Trommsdorf* (Zeitschrift f. analyt. Chem. 1868. S. 412 u. 1870. S. 171) bestimmt, nachdem die noch vorhandenen organischen Substanzen mit verdünnter Chamäleonlösung und Schwefelsäure zerstört worden waren.

Die Analysen führten zu folgenden Ergebnissen:

A. Lehmboden aus freiem Felde. Humusgehalt 0,34—0,54 %.

	Salpetersäure in 1 kg Boden			
In einer Tiefe von	6. Juni	11. Juli[1])	25. Juli	8. Aug.
1—5 cm	0,00278	0,00080	Spuren	0,0081
15—20 „	0,00138	0,00053	„	0,0006.

[1]) Nach heftigen Regengüssen.

Digitized by Google

Außer diesem Lehmboden wurden noch untersucht: ein Quarzsandboden aus der Oberpfalz, humusfrei; ebenso ein humusarmer Lößboden von München; ein Kalksandboden und ein Moorboden aus der Umgegend von München; diese Bodenarten befanden sich in Grubenvorrichtungen[1]), welche zur Bestimmung der Sickerwassers dienten. In diesen sämmtlichen Bodenarten konnte die Salpetersäure zwar nachgewiesen, aber nicht quantitativ bestimmt werden.

B Waldboden. Der nämliche Lehmboden wie sub A. aus einem 40 Jahre alten Fichtenbestand entnommen, mit einer circa 2 cm tiefen Streuschicht aus Fichtennadeln bedeckt. Humusgehalt der oberen Bodenschichte 4 — 5 %, der unteren Bodenschichte 0,5—1 %. Es konnte in 8, an verschiedenen Stellen und in einer Tiefe von 1—5 sowohl als auch in einer solchen von 25—30 cm unter der Streudecke entnommenen Bodenproben die Anwesenheit der Salpetersäure nicht einmal qualitativ konstatirt werden.

C. Dasselbe Ergebniß wurde mit weiteren 8 Bodenproben erzielt, welche an den bezeichneten Tagen aus einem schlagbaren Fichtenbestand ausgehoben wurden. Weder in der oberen humosen Schichte mit einem Gehalt von 13—15 % Humussubstanz, noch in einer Tiefe von 25—30 cm konnte Salpetersäure nachgewiesen werden. Aus diesen Resultaten mit 24 Bodenproben muß der Schluß gezogen werden, daß die Menge der Nitrate in unbearbeiteten ungedüngten Boden ungemein gering ist, daß insbesondere im Waldboden die Salpetersäure, wenn überhaupt, so doch nur in Spuren vorkommt.

Die Ursache vorstehend charakterisirter Erscheinung beruht nach dem Verf. darauf, daß im Allgemeinen der Waldboden in Folge der dort herrschenden niederen Temperatur und geringen Bodenfeuchtigkeit, sowie in Folge der ungünstigen Ernährungsverhältnisse den Salpetersäure erzeugenden Organismen keinen passenden Wohnsitz bietet.

Wie gering die Salpeterbildung in Böden ist, welche thierische Substanzen gar nicht und andere organische Stoffe nur in geringer Menge enthalten, geht auch aus einer größeren Zahl von Sickerwasseranalysen hervor, welche Verf. im Jahre 1882 in den sub A. aufgeführten verschiedenen Bodenarten ausgeführt hat. Werden die in den Sickerwässern gefundenen Stickstoffmengen pro ha und 1,2 m Bodentiefe berechnet, so ergibt sich ein Verlust

für den	an Nitratstickstoff (kg)
Quarzsandboden	25,59
Lehmboden	20,90
Kalkboden	50,24
Moorboden	4,17.

Die Schlüsse, welche Verf. aus dem im letzten Abschnitt mitgetheilten Beobachtungen ableitet, sind folgende:

1. Der Salpetergehalt der ungedüngten, unbewachsenen Böden ist ein minimaler. Die Salpeterproduktion beträgt in stark humosen Böden viel weniger als in humusarmen Böden. Am meisten Salpetersäure bildet sich in humusarmen Kalkboden, weniger im Sand- und Lehmboden.

---

[1]) Eine Beschreibung dieser Lysimeter befindet sich im IV. Bd. dieser Zeitschrift, S. 294 unten.

Digitized by Google

2. In einem unbearbeiteten und mit Waldpflanzen bewachsenen Boden ist es nicht gelungen, Salpetersäure aufzufinden; es ist sehr wahrscheinlich, daß überhaupt Salpeterbildung im Walde nicht stattfindet, indem die Bedingungen für die Entwickelung der Nitrifikationselemente fehlen; in diesem Falle wären die Waldpflanzen auf das Ammoniak als Stickstoff angewiesen.

Hiermit muß wenigstens für die Waldpflanzen die Ansicht fallen gelassen werden, als zögen sie ihren Bedarf an Stickstoff vorzüglich von der Salpetersäure. Im Gegentheil will es scheinen, als ob den „ammoniakähnlichen Körpern" im Boden eine bei weitem größere Rolle für die direkte Ernährung unserer Gewächse zugeschrieben werden muß, als es bis jetzt geschehen ist. In manchen Sandböden, auch in den so fruchtbaren Ackererden Rußlands, finden sich oft nur Spuren von Ammoniak und Salpetersäure in kaum nachweisbarer Menge; dagegen sind solche Körper in größerer Menge vorhanden, welche mit Natronlauge in der Kälte verhältnißmäßig rasch Ammoniak abscheiden. Versuche haben dem Verf. gezeigt, daß ebenfalls erhebliche Ammoniakabspaltung stattfindet, wenn man die Bodenarten mit sehr verdünnter Salzsäure ca. 2 Stunden kocht, daß mithin im Boden Substanzen vorliegen, welche mit den Amidoverbindungen die größte Aehnlichkeit zeigen. Die durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure erhaltene Ammoniakmenge übertrifft um das Zehn- und Zwanzigfache den wirklichen Ammoniakgehalt des Bodens. Ueber die Menge und Natur dieser Körper sollen weitere Untersuchungen Auskunft geben. *E. W.*

A. Ladureau. **Neue Untersuchungen über das Ammoniakferment.** Ann. agronomiques. Bd. XI. 1886. p. 522—525.

Bei Fortsetzung seiner Studien[1]) über das Ammoniakferment hat Verf. hauptsächlich den Einfluß der Phosphorsäure im freien Zustande oder in Verbindung mit Kalk, des kaustischen Kalkes, des Eisensulphates, des Eisenchlorids, der Karbol-, Schwefel-, Bor- und Salzsäure auf die Thätigkeit des Fermentes ins Auge gefaßt. Er benutzte eine Lösung von 2 g Harnstoff in 100 ccm Wasser, in welche ein wenig Gartenerde und von den angeführten Substanzen verschiedene Mengen eingeführt wurden. Die freie Phosphorsäure hatte, in geringen Quantitäten angewendet, keinen Einfluß auf die Ammoniakbildung ausgeübt; dagegen wurde letztere nicht unwesentlich herabgedrückt, sobald die Phosphorsäure in größeren Quantitäten (0,5 und 1 g pro 100 ccm) zugeführt wurde. Der saure phosphorsaure Kalk, wie solcher in den Superphosphaten auftritt, hatte die Fermentation nicht beeinflußt. Der Kalk verhielt sich der Phosphorsäure ähnlich. Das Eisensulfat übte gar keine, die Karbolsäure und die Schwefelsäure eine schwach abschwächende Wirkung, entsprechend der zugeführten Menge, auf die Thätigkeit des Fermentes aus.

Zur Prüfung der Wirkung der Borsäure benutzte Verf. frischen Urin (50 ccm), welchem er verschiedene Mengen Borsäure (0,05, 0,1 und 0,2 g) zusetzte. Nur in größeren Dosen zugesetzt, hatte das Mittel die Ammoniakbildung erheblich eingeschränkt.

Im Großen und Ganzen hatte sich sonach das Ammoniakferment durch eine außerordentliche Widerstandsfähigkeit den verschiedenen, in Anwendung gebrachten

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 106.

Digitized by Google

Substanzen gegenüber ausgezeichnet. Es folgt daraus, daß es schwer sein dürfte, die Thätigkeit des Fermentes in Fällen, wo dieselbe in der Praxis herabzusetzen wäre, zu beeinflussen. *E. W.*

J. Soyka. **Experimentelle Untersuchungen über die Verwendbarkeit des Torfes zu Zwecken der Absorption und Desinfektion.** Prager medicin. Wochenschrift. 1886. Nr. 26—28.

W. Strecker. **Die Bereicherung des Bodens durch den Anbau „bereichernder" Pflanzen.** Journ. f. Landw. Bd. XXXIV. 1886. S. 1—82.

Braun. **Ueber die Entstehung des sauren Humus oder Mulms der Wälder.** Forstl. Blätter. 1886. Juniheft. S. 184.

F. Fouqué u. ***M. Lévy.*** **Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schwingungen im Boden.** Compt. rend. 1886. T. CII. p. 1290.

Digitized by Google

II. Physik der Pflanze.

Ueber die Beeinflussung der Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen gegen ungünstige Witterungsverhältnisse durch die Kulturmethode.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Die vielfachen Schädigungen, welchen die Nutzpflanzen während ihres Wachsthums unter der Einwirkung verschiedener ungünstigen Witterungsverhältnisse unterliegen, haben auf das Reinerträgniß der Ackerländereien einen so tief eingreifenden Einfluß, daß der Praktiker alle Veranlassung hat, auf die Anwendung solcher Hilfsmittel Bedacht zu nehmen, welche geeignet sind, derartige Unzuträglichkeiten zu beseitigen oder dieselben auf das thunlichst geringste Maß zu beschränken. Es stehen zu diesem Zweck zwei Wege zur Verfügung, nämlich die Pflanzen durch geeignete Maßnahmen in einen solchen Zustand zu versetzen, daß sie den Unbilden der Witterung besser widerstehen, oder letztere selbst mehr oder weniger von den Pflanzen abzuhalten. Wenngleich bei zweckmäßiger Auswahl der zur Verfügung stehenden, im Großen anwendbaren Methoden nach beiden bezeichneten Richtungen sichere Erfolge in Aussicht gestellt werden können, so ist doch vor allem und zunächst der erstere Weg in das Auge zu fassen, weil auf demselben einer der hauptsächlichsten, an eine rationelle Ausübung der Pflanzenkultur zu stellenden Anforderungen Genüge geleistet wird, nämlich der Sicherstellung des Ertrages, und der beabsichtigte Zweck leichter erreicht werden kann als nach dem an zweiter Stelle genannten, mit meist viel größeren Schwierigkeiten verknüpften Verfahren.

Nach den vorliegenden zahlreichen Beobachtungen kann angenommen werden, daß es den schädlichen Witterungseinflüssen gegenüber stets

Digitized by Google

empfänglichere und widerstandsfähigere Varietäten und Individuen giebt. Die größere Empfänglichkeit ist in der Mehrzahl der Fälle durchaus kein an sich krankhafter Zustand, sondern liegt innerhalb der Breite der Gesundheit. Es ist nicht selten nur eine später vorübergehende Phase der Kulturpflanze, welche, bedingt durch eine gewisse Stoffkombination, durch höheren Wassergehalt, durch eine eigenthümlich gestaltliche Modifikation oder auch durch noch unbekannte Ursachen dieselbe den Angriffen ungünstiger äußerer Einwirkungen mehr oder weniger zugänglich macht. So macht z. B. ein größerer oder geringerer Wassergehalt die Pflanzentheile den schädlichen Einwirkungen niedriger oder höherer Temperaturgrade zugänglicher. Ebenso läßt sich nachweisen, daß z. B. durch größeren Wasservorrath die Reifezeit ziemlich beträchtlich hinausgeschoben wird, derart daß die betreffenden Pflanzen und Pflanzentheile durch Frostwirkungen in der vorgerückten Jahreszeit Schaden leiden, eine Thatsache, die man bei Obstbäumen nicht selten machen kann, insofern als das Fruchtholz bei feuchter Beschaffenheit des Erdreichs nicht ausreift und dann durch Fröste im Herbst leicht benachtheiligt wird.

Im weiteren Verfolg derartiger Thatsachen läßt sich vielfach der Nachweis führen, daß diese prädisponirenden Zustände in ihrem Auftreten oder in der Dauer ihrer Erscheinung von den Vegetationsbedingungen abhängig sind, unter denen die Pflanzen zur Entwickelung gelangen. Es kann schon jetzt auf eine ganze Anzahl von Forschungsresultaten hingewiesen werden, welche darthun, wie auffallende stoffliche und gestaltliche Unterschiede sich bei derselben Species zeigen, je nachdem dieselbe bei Lichtreichthum oder Lichtarmuth, bei Wasserüberschuß oder -Mangel u. s. w. zu wachsen gezwungen ist.

Ohne auf Erschöpfung des Gegenstandes Anspruch zu erheben, will Referent versuchen in Folgendem nachzuweisen, in welcher Weise die Kulturmethode einen Einfluß auf die Wiederstandsfähigkeit der Kulturgewächse gegen verschiedene schädliche Witterungsverhältnisse ausübt und welcher Mittel sich der Praktiker zu bedienen hat, um seine Gewächse auch nach dieser Richtung hin möglichst vollkommen auszubilden [1]).

[1]) Hiernach sind die einen direkten Schutz gegen die bezeichneten Schädigungen gewährenden Kulturoperationen von vorliegender Besprechung ausgeschlossen.

Digitized by Google

1. Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Frost.

Der Frost übt entweder direkt oder indirekt einen schädlichen Einfluß auf die Kulturen aus; im ersteren Falle dadurch, daß die frei exponirten Pflanzen des Ackerlandes, wenn ihre Säfte zu Eis erstarren, in einem größeren oder geringeren Umfange zu Grunde gehen, im letzteren dadurch, daß die Pflanzen gefrieren, aber erst durch plötzliches Aufthauen vollständig oder in einzelnen Organen getödtet werden (erfrieren), oder daß der Boden gewisse Veränderungen erleidet, welche mit Nachtheilen für die Vegetation verknüpft sind. Diese Veränderungen in der Beschaffenheit des Kulturlandes bestehen hauptsächlich darin, daß der Boden durch wiederholtes Gefrieren und Aufthauen eine abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung erfährt, durch welche die Pflanzen allmählich aus dem Erdreich gehoben werden, derart daß sie mit bloßgelegten Wurzeln auf die Oberfläche des Ackers zu liegen kommen. Dieses sogen. Auffrieren oder Aufziehen der Saaten macht sich in schneelosen Wintern auf allen stark wasserhaltenden, besonders thonhaltigen, am meisten auf den sehr humosen Bodenarten bemerklich, häufig in einem solchen Umfange, daß man, wie z. B. auf den Torf- und Moorböden, von dem Anbau der Winterfrüchte vollständig absehen muß.

Das Auftreten der Fröste ist nicht allein auf die Winterszeit beschränkt, sondern dieselben kommen häufig noch nach dem Erwachen der Vegetation im Frühjahr (Spätfröste) oder im Herbst (Frühfröste) vor, und werden gerade in letzteren Jahreszeiten für die Gewächse verderblich, während ihre Wirkung im Winter mehr oder weniger durch eine Schneedecke paralysirt wird.

In dem Verhalten der Gewächse den Wirkungen des Frostes gegenüber bemerkt man auffallende Unterschiede zwischen verschiedenen Varietäten derselben Species, sowie zwischen verschiedenen Individuen einer und derselben Varietät, indem gewisse Kulturformen und Individuen mehr wie andere beschädigt werden. Diese verschiedene Widerstandsfähigkeit ist theils durch innere, unbekannte Ursachen, theils durch äußere Ursachen bedingt. Zu letzteren ist hauptsächlich das Klima zu rechnen, welches auf die Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen einen bestimmenden Einfluß ausübt. Wie nach den verschiedensten praktischen Erfahrungen geurtheilt werden darf, nimmt letztere von Süden nach Norden hin zu und erhält sich auch bei den Pflanzen, wenn sie aus

Digitized by Google

einer Gegend in die andere versetzt werden. Man kann sehr häufig bei uns die Beobachtung machen, daß die Pflanzen aus Samen, welcher von Norden oder aus höheren Lagen (Gebirge) bezogen wurde, viel leichter die Unbilden der Winterwitterung ertragen als diejenigen, deren Saatgut aus wärmeren Klimaten stammt. Diese werden bei uns durch den Frost meist vollständig zu Grunde gerichtet. Aehnlich verhält es sich mit den Pflanzen, bei deren Anbau das Saatmaterial aus einem Insel- oder Küstenklima bezogen wurde. So vertragen z. B. die englischen und australischen Getreidearten unsere Winter gemeinhin weit schlechter als die einheimischen Sorten.

Nach Vorstehendem besitzt der Praktiker in der Benützung frostharter Varietäten bei der Kultur der Gewächse zunächst ein Mittel zur Verminderung der Frostgefahr. Derartige Varietäten können durch Bezug aus passenden Lokalitäten (nördlich oder höher gelegene Gegenden) oder durch Züchtung gewonnen werden. Letzteres geschieht in der Weise, daß man bei größeren durch den Frost bewirkten Verheerungen die übrig bleibenden kräftigsten Pflanzen zur Fortzucht benutzt und bei späteren ähnlichen Vorkommnissen in gleicher Weise verfährt. Auf diesem Wege gelingt es, aus den einheimischen Pflanzen eine Sorte herauszubilden, welche mit der zur Sicherstellung der Ernten erforderlichen Widerstandsfähigkeit gegen den Frost ausgestattet ist und welche überdies vor den fremden Sorten in der Mehrzahl der Fälle den Vortheil bietet, daß die aus derselben hervorgehenden Pflanzen, weil an die vorliegenden klimatischen und Bodenverhältnisse gewöhnt, vergleichsweise sichere Erträge liefern.

Unter sonst ganz gleichen Verhältnissen, also bei einem und demselben Saatmaterial, erweisen sich weiters die Pflanzen um so widerstandsfähiger gegen die Wirkungen des Frostes, je größer die Samen und Früchte waren, aus welchen sie hervorgegangen sind. Eine aus einem kleineren Samenkorn entwickelte Keimpflanze, welche sehr bald die Reservestoffe aufgebraucht hat und nun von unmittelbaren Assimilationsprodukten zehrt, ist ebensosehr von der Wärme wie vom Lichte und daher von dem jeweiligen Zustand der Witterung abhängig. Sie wird unter ungünstigen Verhältnissen in höherem Grade geschädigt als eine zu solcher Zeit noch mit Reservestoffen reichlich versehene Keimpflanze aus einem großen Korne, welche bei ungenügender Wärme und andauernd

Digitized by Google

umwölktem Himmel noch kräftig fortzuwachsen im Stande ist. In analoger Weise stellt sich das Verhalten der Pflanzen den Wirkungen des Frostes gegenüber, wie einige eklatante, vom Verf. beobachtete Fälle darthun. Im Frühjahr 1874 wurden verschieden große Erbsen- und Ackerbohnenkörner, je 200 Stück, auf Parcellen von 8 qm zeitig (28. März) ausgesäet. Die normal und entsprechend der Saatgutqualität entwickelten Pflanzen wurden Anfangs Mai von starken Nachtfrösten heimgesucht, welche einen um so größeren Schaden anrichteten, je dürftiger sich die Pflanzen entwickelt hatten, d. h. je kleiner das Saatgut war. Es gingen nämlich zu Grunde:

	Erbsen Korngröße	%		Ackerbohnen Korngröße	%
100 Stück wiegen:	34,9 g	**12**	100 Stück wiegen:	83,3 g	**3,5**
100 » »	26,3 »	**20**	100 » »	51,3 »	**17,5**
100 » »	19,9 »	**38**	100 » »	29,6 »	**23,0**
100 » »	14,6 »	**52,5**			

In einer zweiten Beobachtung wurde die Zahl der Roggenpflanzen ermittelt, welche während des Winters abgestorben waren. Es stellte sich hierbei ein Verlust heraus bei Pflanzen aus

	großen Körnern	mittelgroßen Körnern	kleinen Körnern
100 Körner wiegen:	4,25 g	3,51 g	1,76 g
von:	**13** %	**31** %	**57** %.

Diese Zahlen lassen mit voller Deutlichkeit erkennen, daß die Pflanzen eine um so größere Widerstandsfähigkeit gegen den Frost besitzen, je größer das Saatgut war, aus welchem sie sich entwickelt hatten.

In dem Betracht, daß die Menge der im Samenkorn abgelagerten Reservestoffe, welche sich für das spätere Wachsthum von so maßgebendem Einfluß erweist, mit der Entwickelung der Reproduktionsorgane bis zu einem bestimmten Stadium (Gelbreife) zunimmt, wird nach dem eben Mitgetheilten ferner geschlossen werden dürfen, daß der Reifegrad des Saatgutes für die Größe der durch Frost hervorgerufenen Schädigungen von Belang sein werde. In der That ist dies der Fall, wie folgende Daten darthun. In einem mit Jerusalemer Staudenroggen ausgeführten Versuche wurde aus verschieden reifem Saatgut von je 100 ausgesäeten Körnern folgende Pflanzenzahl gewonnen:

Digitized by Google

	im Herbst	im Frühjahr noch vorhanden
Grünreif	97	40
Milchreif	96	88
Gelbreif	100	100
Vollreif	100	100

Die Pflanzen aus unreifem Saatgut besitzen demnach eine geringere Widerstandsfähigkeit dem Froste gegenüber als jene, welche von vollkommen entwickelten Samen stammen.

Für die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Frost zeigt sich auch die Saatzeit[1]) von wesentlichem Belang. Wenn hier von den Herbstsaaten ausgegangen wird, so handelt es sich bei diesen vor Allem um die Frage, in welchem Entwickelungsstadium die Pflanzen den schädlichen Wirkungen des Frostes am besten Widerstand leisten. Offenbar wird dies der Fall sein, wenn die Pflanzen möglichst kräftig entwickelt in den Winter treten, d. h. wenn sie möglichst frühzeitig im Herbst angebaut werden. Ihre Entwickelung findet dann unter den günstigsten Wärmeverhältnissen statt, sie haben Zeit, sich vor Eintritt des Winters gehörig zu bestocken und einen reichen Vorrath von Reservestoffen anzusammeln. Derartig starke Pflanzen sind, wie die Erfahrung hinlänglich lehrt, den Folgen der Beschädigungen durch den Frost in weit geringerem Grade ausgesetzt wie schwächere Pflanzen, und zwar weil im ersteren Falle bei einer Vernichtung eines Theils der vorhandenen Organe immer noch genug übrig bleiben, um die Ernährung der Pflanze zu besorgen, auch genug Vorrathsstoffe vorhanden sind, um neue Organe zu bilden, während bei den spät gebauten schwächlicheren Pflanzen bei derselben Frostwirkung nur wenig Organe übrig bleiben, die ganze Pflanze wohl gar zu Grunde gerichtet wird und die aufgespeicherten Bildungsstoffe zur Hervorbringung neuer Blätter und Wurzeln nicht genügen. Ebenso werden die mit einem reichen Wurzelgeflecht versehenen Pflanzen auf allen Bodenarten, die in Folge öfteren Gefrierens und Aufthauens große Volumänderungen erleiden, dem unter solchen Umständen eintretenden Aufziehen der Pflanzen einen weit größeren Widerstand entgegenstellen als die später entwickelten schwächlichen Saaten.

Verspätete Saaten im Herbst sind auch insofern großen Gefahren

[1]) Zeitschrift des landw. Vereins in Bayern. 1883. Jan.-Märzheft.

Digitized by Google

ausgesetzt, als die Körner unter Umständen wegen zu niedriger Temperatur gar nicht zum Keimen gelangen, oder gefrieren. In beiden Fällen geht ein großer Theil der ausgestreuten Samen zu Grunde und das Feld ist dann im nächsten Frühjahr so lückig bestanden, daß es umgeackert werden muß. Die Versuche von *F. Haberlandt*[1]) lassen darüber keinen Zweifel aufkommen, daß die eingeweichten Samen bei längerem Verweilen unter einer Temperatur von 0° zum größten Theil ihre Keimfähigkeit einbüßen, und die von *H. R. Göppert*[2]), *F. Haberlandt*[3]) und *C. von Tautphoeus*[4]) ausgeführten Versuche über den Einfluß des Frostes auf gequellte Samen haben zur Genüge gezeigt, daß nur wenige Individuen gegen niedrige Kältegrade unempfindlich sind.

Durch diese Darlegung ist somit der Nachweis geliefert, daß eine frühzeitige Saat im Herbst die größte Gewähr für ein sicheres Ueberstehen der gefährlichen Winterperiode bietet. Eine gewisse Grenze wird jedoch auch hierbei inne zu halten sein, da bei einer übermäßig zeitigen Saat die Fortentwickelung der Pflanzen im Frühjahr so zeitig beginnen kann, daß gewisse an dem Ertrage participirende Organe durch Frühjahrsfröste Schaden leiden können. So kann unter derartigen Umständen bei den Getreidearten die Aehrenbildung im Frühjahr so zeitig erfolgen, daß die Aehren von Spätfrösten (im Mai) afficirt werden. Aehnliche Beobachtungen kann man nicht selten bei zu zeitig angebautem Raps machen, dessen Blüthen unter denselben Verhältnissen beschädigt werden können.

Bei dem Frühjahrsanbau hat man sich genau so wie bei der Herbstsaat zu verhalten und demgemäß einen möglichst zeitigen Termin für die Aussaat zu wählen, damit die Pflanzen sich genügend kräftig entwickeln, bestocken und einen genügenden Vorrath von Bildungsstoffen ansammeln können. Eine Ausnahme von dieser Regel ist bei jenen Gewächsen zu machen, welche, wie z. B. Moorhirse, Hirse, Mais, Reis, Buchweizen, Kartoffeln, Lupinen, Runkelrüben, Stangenbohnen, Kürbisse,

[1]) Wissenschaftl.-prakt. Unters. auf d. Gebiete d. Pflanzenbaues. Bd. I. 1875. S. 110—116.

[2]) Ueber die Wärmeentwickelung in den Pflanzen, deren Gefrieren und die Schutzmittel gegen dasselbe. Breslau. 1830. S. 45—56.

[3]) *Fühling's* landw. Zeitung. 1874. S. 504—507.

[4]) Ueber Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. Inaug.-Dissertation. München. 1876.

Digitized by Google

Melonen, Gurken, Tabak u. s. w., keine Frühjahrsfröste vertragen und welche daher erst dann angebaut werden können, wenn zur Zeit, wo die Pflanzen aufgegangen sind, keine Frühjahrsfröste mehr zu befürchten sind, falls es nicht, wie bei den zuletzt angeführten Gewächsen, angezeigt erscheint, die Saat in Mistbeeten vorzunehmen und in diesen die Pflanzen vorzuziehen.

Der Umfang, in welchem die Pflanzen durch den Frost geschädigt werden, ist schließlich in hohem Grade von der Tiefe der Unterbringung des Saatgutes abhängig. Um dies zu verstehen, hat man die Entwickelung der Pflanzen aus verschiedenen Tieflagen der Samen näher ins Auge zu fassen.

Aus den hierüber vorliegenden Untersuchungen[1]) ergiebt sich zunächst im Allgemeinen, daß die Pflanzen sich um so schwächlicher entwickeln, je tiefer das Saatgut untergebracht wurde und daß eine schwächere Erdbedeckung des letzteren zur Hervorbringung möglichst kräftiger Pflanzen am geeignetsten ist. Aus größeren Bodentiefen hervorgehende Pflanzen verhalten sich gewissermaßen wie solche, welche zu spät angebaut worden sind, weil das Hervortreten derselben an der Bodenoberfläche bedeutend verzögert ist und die Wachsthumsfaktoren daher unter solchen Umständen nicht zur vollen Wirkung kommen können. Die in den Samen und Früchten aufgehäuften Reservestoffe werden bei seichter Tieflage sofort zur Produktion von assimilirenden, das Pflanzenwachsthum fördernden oberirdischen Luftorganen verwendet, während dieselben bei größeren Tieflagen vor Allem zur Hervorbringung von unterirdischen, für das spätere Leben der Pflanzen nutzlosen Stengel- und Blattorganen dienen.

Angesichts dieser Verhältnisse wird nach Analogien die Schlußfolgerung gezogen werden dürfen, daß die Pflanzen dem Froste besser widerstehen, je flacher die Saat mit Erde bedeckt worden war. Bei der kräftigen Entwickelung, resp. Bestockung der Pflanzen aus geringer Saattiefe gewähren überdies die älteren hervorstehenden Organe (Blätter) den jüngeren einen ergiebigen Schutz gegen das Erfrieren, und wenn ein Theil derselben zu Grunde gerichtet wird, so bleiben doch noch genug übrig, um den Fortbestand der Pflanze zu

[1]) *E. Wollny.* Untersuchungen über den Einfluß verschieden tiefer Unterbringung des Saatgutes auf die Entwickelung und Erträge der Kulturpflanzen. Journ. f. Landwirthschaft. 1884.

Digitized by Google

sichern, zumal auch genügende Mengen von Reservestoffen vorhanden sind, um neue Organe zu bilden. Die aus größeren Tieflagen entwickelten schwächlichen Pflanzen unterliegen ungleich leichter nachtheiligen Frostwirkungen, weil sie bei lichterem Stande sich gegenseitig nur wenig schützen und ebenso die Organe einer und derselben Pflanze wegen mangelhafter Ausbildung einander nur geringen Schutz gewähren können. Daher erfrieren solche Pflanzen in größerer Zahl als die üppig entwickelten flach gesäeten, und da sie einen geringeren Vorrath von Bildungsstoffen aufgespeichert haben, so sind sie nicht im Stande, bei theilweiser Beschädigung den Schaden so leicht auszubessern wie diese.

Auf diese Verhältnisse wird die in einigen Versuchen des Referenten hervorgetretene Erscheinung, daß während des Winters ein um so größerer Procentsatz von Pflanzen (Roggen) zu Grunde gegangen war, je tiefer die Körner gelegt waren, zum Theil zurückgeführt werden können. Es betrug nämlich die Zahl der zu Grunde gegangenen Pflanzen:

	bei einer Saattiefe von	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15 cm
I.		**11,0**	**11,3**	**13,1**	**12,2**	**44,4**	**72,7 %**
	bei einer Saattiefe von	2,5	5,0	7,5	10,0 cm		
II.		**6,2**	**20,2**	**30,3**	**38,9 %.**		

Die Ursachen der durch diese Zahlen charakterisirten Erscheinung sind nicht allein auf die direkte Wirkung des Frostes, sondern auch gleichzeitig auf jene Vorgänge zurückzuführen, welche mit dem sogen. Auswintern der Saaten verknüpft sind. Letzteres besteht hauptsächlich in dem sogen. Aufziehen der Saaten, welches dadurch herbeigeführt wird, daß die Pflanzen bei dem Gefrieren des Bodens durch die hierbei stattfindende Volumvermehrung desselben in die Höhe gehoben werden, wobei ein Theil oder alle Wurzeln abreißen, und daß sie, wenn die Erde beim Aufthauen sich senkt, nicht mehr zurück können. Die Wiederholung dieses Vorganges bringt es endlich zu Wege, daß die Pflänzchen mit einem Theile der Wurzeln und dem Bestockungsknoten über die Erde gehoben werden und entweder ein kümmerliches Dasein fristen oder durch Vertrocknen der obenauf liegenden Wurzeln zu Grunde gehen.

Offenbar werden die Pflanzen dem Auswintern um so besser widerstehen, je kräftiger sie sich bewurzelt oder bestockt haben, weil sie dadurch einerseits der Kraft, welche sie aus dem Boden zu heben trachtet, eher das Gleichgewicht halten, andererseits den bei einem etwaigen Zer-

Digitized by Google

reißen der Wurzeln entstandenen Schaden in Folge eines reicheren Vorrathes von Reservestoffen leichter repariren können. Aus diesem Grunde werden Pflanzen bei flacherer Unterbringung weniger der Gefahr des Auswinterns ausgesetzt sein als solche aus größeren Tieflagen des Samens, denn, wie durch zahlreiche Versuche festgestellt wurde, ist die Bewurzelung und Bestockung bei rechtzeitiger Ansaat in dem Maße eine bessere, als die Samen innerhalb gewisser Grenzen seichter untergebracht worden sind.

Bei den Getreidearten kommt in Bezug auf das Auswintern noch ein Moment in Betracht. Bei flacher Lage des Samenkornes findet die Bewurzelung und Bestockung aus dem ersten sich entwickelnden Stengelknoten statt, also in unmittelbarer Nähe der Getreidefrucht. Bei den tiefer liegenden Körnern findet eine bedeutende Streckung des unterirdisch wachsenden Stengels statt und die Bestockung und spätere Bewurzelung geht an demjenigen Knoten vor sich, der der Erdoberfläche am nächsten gelegen ist. Es bildet sich demnach bei tiefliegenden Getreidefrüchten zwischen diesen und dem sogen. Bestockungsknoten ein Mittelglied, welches nun bei stärkeren Volumänderungen des Bodens leicht zerreißt, so daß die Keimpflanzen, welche bis dahin durch die aus dem Samenkorn entwickelten Wurzeln (Samenwurzeln) mit Wasser und Nährstoffen versehen wurden, nunmehr in Bezug hierauf auf das spärlich entwickelte Wurzelgeflecht am Bestockungsknoten (Kronenwurzeln) angewiesen sind. Da letzteres dem Aufziehen nur einen geringen Widerstand entgegenstellen kann, so sind besonders solche Pflanzen am meisten der Gefahr des Zugrundegehens ausgesetzt.

Daß auch die Entwässerungen und überhaupt alle Operationen, durch welche die Wasserkapacität stark wasserhaltender Böden, z. B. durch Einverleibung von Erdmaterialien entgegengesetzter physikalischer Beschaffenheit, herabgedrückt wird, zur Verminderung der Frostgefahr beitragen werden, läßt sich ungezwungen aus der Thatsache herleiten, daß der Frost auf wasserreichere Pflanzen nachtheiliger einwirkt als auf wasserärmere.

2. Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Nässe.

Die Schädigungen der Pflanzen durch Nässe lassen sich nur dadurch abhelfen, daß geeignete Methoden zur Beseitigung von Ansammlungen größerer Wassermengen in Anwendung gebracht werden. Die Regulirung der Feuchtigkeitsverhältnisse der Ackererde kann geschehen durch Drai-

Digitized by Google

nage und Grabenentwässerung, oder dadurch, daß dem Boden grobkörnige Erdarten (Sand) zugeführt werden, durch welche dessen Wasserkapacität vermindert wird. Die Behäufelung stellt die Pflanzen dadurch sicher, daß das überschüssige Wasser abgeleitet wird und daß das in die Erde eingedrungene wegen der vergrößerten Oberfläche einer stärkeren Verdunstung unterliegt[1]). Die Anlegung von Wasserfurchen bewirkt die Abfuhr des überschüssigen Tagwassers. Bei der Bearbeitung der betreffenden meist bündigen Bodenarten ist darnach zu trachten, dieselben in einen krümeligen Zustand zu versetzen, wodurch die Wasserkapacität des Ackerlandes herabgesetzt und die Abwärtsbewegung des Wassers beschleunigt wird[2]).

3. Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Trockenheit.

Die zur Verhütung resp. Verminderung der durch Trockenheit hervorgerufenen Nachtheile für das Produktionsvermögen der Gewächse geeigneten Maßnahmen sind denjenigen zur Beseitigung der Schädigungen durch Nässe gerade entgegengesetzt. Bei Wiesen geschieht die Abhülfe durch direkte Zufuhr von Wasser. Auf allen anderen Ländereien und besonders in trockenen Klimaten sind solche Mittel in Anwendung zu bringen, mittelst welcher der Boden die Fähigkeit erhält, einen größeren Theil des ihm zugeführten Wassers während der Regenzeit aufzuspeichern oder durch welche die Verdunstung aus dem Boden herabgedrückt wird. Zu den vorbeugenden Mitteln ist die Brachehaltung zu rechnen. Durch die Brache wird nämlich im Vergleich zu dem bebauten Felde die Verdunstung aus dem Boden vermindert, derart daß im ersteren Fall Wasser angesammelt wird, während im zweiten durch die Transpiration der Pflanzen der Boden austrocknet[3]). Ferner kann der ungünstige Feuchtigkeitszustand der Ackererde dadurch wesentlich verbessert werden, daß man derselben Substanzen beimengt, welche das Wasser gut zurückhalten (thonige und humose Stoffe). Im Uebrigen wird danach getrachtet werden müssen, durch geeignete Operationen die Verdunstung möglichst zu beschränken. Dies geschieht in der Weise, daß man die Bearbeitung

[1]) Vergl. *E. Wollny.* Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen. Handbuch für die Praxis. Berlin. 1885. S. 754.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 146 u. Bd. VIII. 1885. S. 177.

[3]) *E. Wollny.* Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin 1877.

Digitized by Google

des Ackerlandes auf das absolut nothwendige Maß reducirt und für Ebenhaltung der Oberfläche Sorge trägt oder mittelst der Egge[1]) die Erdoberfläche lockert. Indirekt kann auch der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens durch Walzen desselben vermehrt werden, weil durch diese Operation die Wasserkapacität des Erdreichs eine Erhöhung erleidet[2]). Ferner wird man auf leichten Böden, auf welchen die Pflanzen am meisten durch Trockenheit Schaden leiden, ein kleines Aussaatquantum wählen müssen, weil bei lockerem Stande der Pflanzen die Verdunstung aus dem Boden geringer ist als bei dichtem.

4. Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen das Lagern.

Die Ursache der mit «Lagern» des Getreides bezeichneten Erscheinung wurde früher auf Mangel an Kieselsäure zurückgeführt, jedoch mit Unrecht, da es gelingt, Getreidepflanzen mit minimalen Mengen von Kieselsäure zu normaler Entwickelung zu bringen. Außerdem haben die Analysen von gelagertem gegenüber nicht gelagertem Getreide wenig Unterschied in dem Kieselsäuregehalt gezeigt. Das Lagern des Getreides wird vielmehr, wie experimentell von *L. Koch*[3]) genau nachgewiesen ist, durch Lichtmangel hervorgerufen.

Letzterer bewirkt zunächst eine bedeutende Streckung der Halm- resp. Stengelglieder (Internodien), während Lichtzutritt gerade die entgegengesetzte Wirkung ausübt. Daher kommt es, daß die einzelnen Internodien um so mehr sich verlängern, je enger die Pflanzen stehen, je geringer also deshalb die auf sie einwirkende Lichtintensität ist. Folgende Zahlen liefern hierfür einen ziffermäßigen Beleg:

		Länge der Internodien						Gesammtlänge der Pflanze
		1. cm	2. cm	3. cm	4. cm	5. cm	6. cm	cm
Bohnen	im Licht	2,2	1,6	1,9	2,2	1,6	0,6	**10,1**
	im Dunkeln[4])	4,4	7,2	8,7	10,5	5,7	0,7	**37,2**
Erbsen	im Licht	0,8	0,3	1,0	1,4	2,3	1,9	**7,7**
	im Dunkeln[4])	1,6	0,9	2,6	2,5	4,5	2,8	**14,9**

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 325.

[2]) Ebenda. Bd. V. 1882. S. 2 u. Bd. VIII. 1885. S. 199.

[3]) *L. Koch.* Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. Berlin 1872.

[4]) Die Pflanzen befanden sich vollständig in Dunkelheit.

Digitized by Google

Der Einfluß verminderter Lichtwirkung auf die Streckung der Internodien tritt unter natürlichen Verhältnissen am untersten Theil des Stengels am sichtbarsten hervor, weil dieser am stärksten beschattet ist. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen macht sich eine verminderte Verholzung der dem Licht entzogenen Stengeltheile bemerkbar, wodurch deren Festigkeit und Elasticität eine erhebliche Einbuße erleidet, derart daß sie dem geringsten auf sie einwirkenden Drucke nachgeben und sich umlegen.

Es ergiebt sich somit aus diesen Darlegungen, daß die Ursache des Lagerns in einer Ueberverlängerung und verminderten Verdickung und Verholzung der Zellen und hierdurch bedingten Schwäche der untersten Internodien, hauptsächlich des zweiten Stengelgliedes, in Folge von Lichtmangel liegt. Hieraus kann ohne Weiteres die Schlußfolgerung gezogen werden, daß das Lagern der Getreidearten und anderer Früchte mittelst solcher Kulturmethoden beseitigt werden kann, durch welche die Belichtung der Gewächse gefördert wird.

Von hervorragendem Einfluß auf die Zufuhr des Lichtes erweist sich die Standdichte der Pflanzen, welch letztere von der Saatmenge und dem Reichthum des Bodens an Wasser und Nährstoffen vornehmlich beherrscht wird. Bei sehr engem Stande der Pflanzen wird die Belichtung derselben wegen gegenseitiger Beschattung ganz außerordentlich und zwar um so mehr, je dichter sie stehen, herabgemindert. Daher sind die Feldfrüchte besonders bei dichter Ansaat dem Lagern ausgesetzt, denn bei sehr engem Stande werden die unteren Stengelglieder nicht mehr beleuchtet, in Folge dessen dieselben die oben geschilderte Streckung, verbunden mit einer mangelhaften Verholzung zeigen. Da die Einwirkung des Lichtes auf die unteren Internodien bei zu großer Standdichte bereits in frühen Stadien des Wachsthums beeinträchtigt wird, so wird das Lagern der Gewächse, wo es nicht selbst bei normal ausgebildeten Pflanzen durch Platzregen, Hagel oder Stürme eintritt[1]), einer fehlerhaften Bemessung des Aussaatquantums zuzuschreiben sein. Die Mittel der Abhülfe ergeben sich von selbst: eine dünnere Aussaat, und dadurch bedingte bessere Beleuchtung wird den Uebelstand vermeiden lassen.

[1]) Einzeln stehende Getreidepflanzen, wie solche zuweilen in Raps-, Hackfruchtfeldern u. s. w. angetroffen werden, lagern sich selbst unter so ungünstigen Verhältnissen nicht, weil sie eben in sehr vollkommener Weise beleuchtet werden.

Digitized by Google

Nach Vorstehendem muß die vielfach verbreitete Ansicht, daß Stallmistdüngungen oder Düngungen mit Fäkalien, überhaupt mit stickstoffreichen Düngstoffen bei den Getreidearten direkt Lagerfrucht erzeugen, als eine irrige bezeichnet werden. Die betreffenden Düngemittel bedingen einen üppigeren Wuchs, besonders der Blätter, und führen dadurch indirekt eine stärkere Beschattung der Pflanzen herbei. Die Pflanzen zeigen daher, wenn sie bei demselben Saatquantum wie auf ungedüngtem Boden angebaut werden, alle Nachtheile eines zu dichten Standes. An dem Lagern ist also nicht der Stall- oder Fäkaldünger Schuld, sondern dem Uebelstande hätte durch dünneren Stand der Frucht (geringere Saatmenge) vorgebeugt werden können.

Gegen das Lagern zeigt sich ferner das Drillen von nützlicher Wirkung. Die Belichtung der Pflanzen ist bei der Reihensaat eine vollkommenere als bei der Breitsaat, wenn die Entfernung der Reihen nicht zu eng bemessen wurde. Der Reihenstand ermöglicht das Eindringen der Lichtstrahlen in die Pflanzendecke bis in größere Tiefen derselben, während bei den breitwürfig angesäeten Gewächsen wegen der durch den unregelmäßigen Stand hervorgerufenen gegenseitigen Beschattung der Pflanzen die Beleuchtung eine nicht unbeträchtliche Verminderung erleidet. Aus diesem Grunde sind die gedrillten Früchte, wie die Erfahrung übrigens hinlänglich gelehrt hat, weniger dem Lagern ausgesetzt als die breitgesäeten.

Ist die Aussaat bereits geschehen und läßt ein dichter Pflanzenstand, üppige Entwickelung und feuchte Witterung ein späteres Lagern befürchten, dann muß danach getrachtet werden, durch Eggen, Walzen oder vorsichtiges Abweiden und Schröpfen einen Theil des Blattapparates zu entfernen, um dem Lichte möglichst genügenden Zutritt zu verschaffen.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

H. Müller-Thurgau. **Ueber das Gefrieren u. Erfrieren der Pflanzen.** II. Theil. Landwirthschaftliche Jahrbücher. Bd. XV (1886). Heft 3/4. p. 453—609. Mit 4 Tafeln.

Ueber Theil I. vergl. diese Zeitschrift Bd. III. p. 184—188.

I. Die Eisbildung in gefrierenden Pflanzengeweben.

a) Beobachtungen an Kartoffelknollen. Die Knollen wurden niederer Temperatur (—6°) ausgesetzt und danach längere oder kürzere Zeit im warmen Zimmer aufgethaut. Man sieht dann in denselben weiche, sich dunkelfärbende Flecke auftreten, zuerst in der Kambialzone und im Basaltheil der Knollen, also da, wo der Wassergehalt größer ist. An den erfrorenen Stellen waren Eisdrusen aufgetreten, die Zellen waren bis auf eine gewisse Entfernung von den Eisdrusen getödtet, im Uebrigen lebendig geblieben. Von diesen Stellen aus schreitet bei längerer Einwirkung der niederen Temperatur der Gefriervorgang auf die der Spitze näheren Kambiumtheile, dann nach innen und außen fort, Letzteres zuerst in der Knollenbasis. Eigenthümlich ist das Auftreten neuer Gefrierstellen zu einer Zeit, in der dort die Temperatur nicht unter —1° stand, obwohl zur Zeit der Ueberkältung (unter —3°) kein Eis nachzuweisen war. „Wie aus den Versuchen hervorgeht, beginnt der Gefriervorgang in den Kartoffeln nicht überall gleichzeitig und schreitet auch nicht gleichmäßig und allmählich fort, sondern an einzelnen besonders hierzu geeigneten Stellen bildet sich zuerst Eis, hierdurch wird aber den in nächster Umgebung befindlichen Zellen sofort eine solche Menge Wasser entzogen, daß dieselben sich nach dem Aufthauen als getödtet erweisen; derselbe Vorgang wiederholt sich an anderen Stellen, bis die ganze Knolle gefroren ist."

b) Beobachtungen an Blättern. Auch diese müssen vor Eintritt des Gefrierens überkältet werden und beim Gefrieren steigt die Temperatur, wenn auch weniger Wärme frei wird und diese den Blättern weniger zur Erwärmung zu gute kommt. Beim Gefrieren lassen sich an den Blättern der meisten Pflanzenarten Farbenveränderungen erkennen. Beim ersten Gefrieren treten auf der Fläche des Blattes oberseits oder unterseits hellere oder dunklere Flecken hervor, welche bei verschiedenen Pflanzen verschieden geformt sind. Die Lokalisirung des Erfrierens deutet auf bestehende Differenzen in den Blättern hin, welche den Gefriervorgang verschieden rasch eintreten lassen. — Schon eine geringe Steigerung des Wassergehalts ermöglicht die Einleitung des Gefrierens bei weniger niedriger Temperatur.

Beim weiteren Fortschreiten des Gefrierens entstehen meist keine neuen Flecken mehr, sondern die vorhandenen vergrößern sich, um schließlich mit einander zu verschmelzen. Die beim ersten Gefrieren eintretende Erwärmung verhindert die Entstehung neuer Flecken und bei erneuter Abkühlung schließen sich die gefrierenden Wassertheilchen leichter an die schon vorhandenen Eismassen an, als daß sich neue Eiskrusten bilden. Werden die Blätter nach Eintritt der ersten

Digitized by Google

Eisbildung aufgethaut, so zeigen sie ein verschiedenes Verhalten, bei den einen Pflanzen verschwinden die Flecken rasch, bei anderen ist das Zellgewebe abgestorben. Solche Blätter erscheinen demnach schon nach dem ersten Gefriervorgang mit abgestorbenen Flecken bedeckt. Solche Erscheinungen können auch in der freien Natur eintreten, wenn hier nicht bei fortgesetzter Abkühlung der Gefriervorgang fortschreitet, sondern selber rechtzeitig unterbrochen wird.

II. Bestimmung der in gefrorenen Pflanzentheilen befindlichen Eismengen.

Diese ergaben sich

1. Bei voluminösen Pflanzentheilen (Aepfeln, Kartoffeln) aus der Temperaturerniedrigung des Wassers, in welchem die gefrorenen Objekte aufthauten.

Die gefrorenen Aepfel (und ähnlich die Kartoffeln) enthalten noch beträchtliche Wassermengen in flüssigem Zustande, bei zunehmender Temperaturerniedrigung gefrieren immer weitere Quantitäten. Selbst bei —15° war noch ca. $^1/_5$ des Wassers ungefroren, es muß aber auch der Zellsaft zu dieser Zeit eine ganz bedeutende Konzentration besitzen.

2. Bei Blättern aus dem Verlauf der Temperatur eines in einem kalten Raume befindlichen Blattes während der Abkühlung von 0° bis zum Ueberkältungspunkte, im ungefrorenen Zustande, mit dem Verlaufe während des Gefrierens.

Am raschesten geht die Eisbildung vor sich während des ersten Gefrierens, wenn die Temperatur bis zum Gefrierpunkte steigt. Von da an nimmt der Gefriervorgang erst langsam, dann schneller ab. Z. B. bei einem Kohlrabiblatt war die Eisbildung am ausgiebigsten etwa während der ersten 4 Minuten, in den folgenden 24 Minuten bildete sich pro Minute (pro 100 g Blattsubstanz) statt 0,8 nur 0,7 g, in den folgenden 24 Minuten 0,48 g Eis. Im Ganzen entstanden bei der Abkühlung auf —4,3° 41,32 g Eis, davon während des Steigens der Temperatur bis —1,2° 6,69, bis —1,5° 16,73 g. Als das Blatt auf —3° abgekühlt war, enthielt es 36,94 g Eis; von da bis zum Schluß des Versuchs bildeten sich nur noch 4,38 g. Bei stärkerem Abkühlen wird also fortgesetzt Eis gebildet.

Das Aufthauen beginnt schon bei niederer Temperatur, am ausgiebigsten in der Zeit, in welcher die Temperatur des Kohlrabiblatts von —1,9 auf —1,1° stieg. Das Aufthauen geschieht also nicht erst bei 0°, je langsamer die Erwärmung stattfindet, bei um so tieferen Temperaturen werden bestimmte Grade des Aufthauens erreicht.

Bei todten Blättern liegt der Gefrierpunkt niedriger als bei lebenden.

III. Das Gefrieren von Holz und die Entstehung von Frostspalten.

Im gefrorenen Holze finden sich Eisdrusen, wie in saftigen Geweben, nicht oder nur selten, dagegen läßt sich Eis in den Gefäßen und Holzfasern nachweisen.

Die Entstehung von Frostrissen beruht der Hauptsache nach auf der stärkeren Zusammenziehung des Holzes in tangentialer gegenüber radialer Richtung, wobei gelegentlich die stärkere, frühere Abkühlung der äußeren Holzschichten mitwirken kann. Die stärkere tangentiale Zusammenziehung rührt von dem Wasseraustritt aus den Membranen bei der Eisbildung; wahrscheinlich machen sich besonders die Markstrahlen beim Zustandekommen der Frostrisse bemerklich, indem dieselben im gefrorenen Zustande weitaus schmaler sind als im ungefrorenen. —

Digitized by Google

Die Zusammenziehung des Holzes beginnt auch erst dann, wenn das Wasser der Innenräume gefroren und jenes der Membranen in die Eisbildung hereingezogen wird, deshalb erst bei verhältnißmäßig niedrigen Temperaturen.

IV. Bei welcher Temperatur findet das Gefrieren und Aufthauen der Pflanzen statt?

Sämmtliche Pflanzentheile müssen überkältet werden, wenn in ihnen der Gefriervorgang eingeleitet werden soll. Die Bestimmung des Ueberkältungs- und Gefrierpunkts ist mit Schwierigkeiten verbunden. Der erstere ändert sich nach Individualität, Gesundheitszustand, Wassergehalt, Alter und anderen inneren Eigenschaften, auch zum Theil nach der Temperatur, durch welche das Erfrieren herbeigeführt wird. Es ist nicht möglich, für die verschiedenen Pflanzentheile den Ueberkältungspunkt genau zu bestimmen. Ob die Abkühlung rasch oder langsam geschieht, hat auf Ueberkältung und Temperaturverlauf beim Gefrieren keinen wesentlichen Einfluß. Kühlt man die Pflanzen unter den Gefrierpunkt, aber nicht bis zum Ueberkältungspunkte ab, z. B. Kartoffeln auf −2, Weintrauben auf −4,5°, junge Rebblätter auf −2°, so bildet sich auch in ihnen kein Eis, trotz längerer Einwirkung der niederen Temperatur, auf den Blättern treten auch die oben erwähnten Flecken nicht auf und sie bleiben unversehrt. Blätter von Tulpen, Rosen, Bohnen, Maiglöckchen waren nach 8-stündigem Aufenthalte bei −3° und noch tieferen Temperaturen unversehrt, da bei diesen Temperaturen der Ueberkältungspunkt nicht erreicht war, während der Gefrierpunkt bei −1° oder höher liegt. In einer Tabelle sind die Ueberkältungs- und Gefrierpunkte für eine Reihe von Gewächsen mitgetheilt: dieser seien die folgenden Beispiele entnommen.

	Ueberkältungspunkt	Gefrierpunkt	Temperatur der Umgebung
Laubblätter von	Grad	Grad	Grad
Begonia	−4,6	−1,4	−7,0
Cineraria	−2,4	−2,0	−7,5
Datura arborescens	−4,3	−1,25	−5,5
Fuchsia	−6,8	−1,5	−11,5
Hedera	−3,45	−2,18	−4,2
Opuntia	−1,16	−0,15	−4,5
Phajus	−6,8	−1,45	−8,0
Phaseolus vulg.	−5,6	−0,9	−7,5
Zea Mais	−7,35	−2,6	—
Blüthenblätter von			
Cypripedium	−4,5	−1,1	−7,0
Phajus	−6,0	−0,58	−7,3
Früchte			
Trauben	−7,85	−3,1	−12,0
Aepfel	−2,1	−1,4	−7,0
Birne	−3,25	−1,6	−7,0
Reservestoffbehälter			
Zwiebel	−3,5	−0,9	−5,0
Kartoffel	−3,0	−1,0	—

Digitized by Google

	Ueberkältungspunkt	Gefrierpunkt	Temperatur der Umgebung
	Grad	Grad	Grad
Kartoffel lebend, nicht süß	−5,1	−1,0	−9,0
„ todt, „ „	−3,5	−0,5	−9,0
Holz			
Apfelstamm	−7,2	—	−10,0
Birne	−3,9	−0,22	−7,4
Altes Rebholz	−6,05	−2,85	−9,6.

Es ist schon erwähnt, daß es eine ganze Reihe von Umständen ist, welche den Ueberkältungs- (zum Theil auch den Gefrier-) Punkt verschieben, und müssen sich diese Verschiedenheiten auch in der freien Natur bemerklich machen. Daß die Gefrier- (und meist auch die Ueberkältungs-) Punkte lebender Pflanzentheile tiefer liegen als bei todten, stellte sich auch bei diesen Versuchen heraus.

Auch die Temperaturverhältnisse während des Aufthauens resp. die schmelzenden Eismengen wurden für mehrere Pflanzentheile verfolgt. Das Aufthauen geht nicht mit der Gesetzmäßigkeit vor sich wie das Gefrieren, so daß sich allgemeingültige Regeln hierfür schwer aufstellen lassen. Daß das Aufthauen schon unter 0° geschieht und bei langsamem Aufthauen bis zur Erreichung eines bestimmten Temperaturgrades größere Eismengen schmelzen, ist oben schon angegeben.

V. Worin besteht das Erfrieren der Pflanzen?

Verf. scheidet die verschiedenen Folgen niederer Temperatur, welche auch zum Tode führen können, ab von dem eigentlichen „Erfrieren", der Todesart, welche die direkte Folge des Gefrierens (mit den bekannten Folgeerscheinungen) ist.

VI. Was ist die Ursache des Erfrierens?

Der Tod des Protoplasmas (die Zerstörung des organisirten Aufbaus) könnte durch die niedere Temperatur als solche oder durch die Wasserentziehung beim Gefrieren oder durch die Vorgänge beim Aufthauen bewirkt sein. Auf Grund seiner Versuche, bei welchen die Pflanzen unter den Gefrierpunkt abgekühlt waren, ohne Schaden zu nehmen, während sie schon bei höheren Temperaturen getödtet werden, im Falle Gefrieren eintritt, ist Verf. der Ansicht, daß der Tod nicht durch die niedere Temperatur als solche, sondern erst durch das Gefrieren hervorgerufen wird: ohne vorausgehendes Gefrieren kann kein Erfrieren stattfinden. Es frägt sich nun, wie es sich hierbei mit der Raschheit des Aufthauens verhält.

Es ist nicht möglich, die ausführliche Diskussion, welche Verf. dieser wichtigen Frage widmet, im Einzelnen zu verfolgen. Wir müssen uns darauf beschränken, die Schlüsse anzuführen, zu welchen Verf. selbst gekommen ist.

„Seit Jahren habe ich mich mit Lösung dieser Frage beschäftigt, viele Hunderte von Pflanzen bei den verschiedensten Temperaturen gefrieren und langsam aufthauen lassen und niemals eine Pflanze durch langsames Aufthauen retten können, die bei schnellem Aufthauen zweifellos sich als getödtet erwiesen hätte." Viele hierher bezogene Erscheinungen leiden theils an Versuchsfehlern, theils sind sie anderweitig zu erklären, theils überhaupt unrichtig aufgefaßt, z. B. wenn angegeben wird, daß gefrorene Aepfel u. dergl. durch Verbringen in Wasser von 0° gerettet werden können in Folge langsamen Aufthauens, so stellt sich heraus, daß ein Apfel in Wasser von 0° zum vollständigen Aufthauen 3 Stunden 40 Minuten, in Luft

Digitized by Google

von 5,2—5,5° beinahe die doppelte Zeit brauchte! „Ein Rückblick auf das in diesem Abschnitte Mitgetheilte zeigt, daß der Anschauung, das rasche Aufthauen gefrorener Pflanzen sei die Todesursache, stichhaltige Beweise fehlen; daß im Gegentheil vielfältig und in verschiedener Weise ausgeführte Versuche geradezu die Unrichtigkeit derselben darthun. Wenn es aber durch langsames Aufthauen nicht gelingt, Pflanzentheile zu retten, die bei schnellem Aufthauen zu Grunde gingen, so fehlt vorläufig jeglicher Grund, den Moment des Absterbens in die Zeit des Aufthauens zu verlegen. Vielmehr wird man zu der Ansicht gelangen, daß das Erfrieren durch das Gefrieren selbst verursacht wird und während desselben stattfindet. Für einzelne Fälle (Calanthe, Phajus) liegt ja ein direkter Beweis vor. Diesbezügliche Untersuchungen haben nun dargethan, daß die wesentlichste Veränderung, welche beim Gefrieren vor sich geht, in einer Wasserentziehung aus den Zellen besteht, und ich sehe keinen Grund ein, warum man nicht diese Wasserentziehung selbst als die Todesursache betrachten soll. Mit dieser Anschauung stimmt recht gut überein, daß der Wassergehalt der Zellen die Gefahr des Erfrierens ganz wesentlich beeinflußt und sämmtliche das Erfrieren betreffende Thatsachen sind mit dieser Anschauung leicht in Einklang zu bringen. Es wäre jedoch unrichtig, wollte man annehmen, der Wassergehalt eines Pflanzentheils bedinge allein die Gefahr des Erfrierens. Im Gegentheil sind andere Umstände, namentlich die sonstige Beschaffenheit des Protoplasmas, in der Regel ausschlaggebend."

VII. Schutz- und Heilmittel.

1. Die inneren Eigenschaften der Pflanzen betreffende Schutzmaßregeln.

In dieser Zusammenstellung der namentlich beim Obst- und Weinbau üblichen Schutzmittel stellt Verf. obenan die richtige Auswahl der Kulturpflanzen, nämlich solcher Varietäten, welche in Folge ihrer Herkunft als widerstandsfähig gegen Frost betrachtet werden können, dann die Neuzüchtung frostharter Varietäten aus zufällig aufgetretenen frostharten Individuen. Ferner kann durch geeignete Kultur, richtige Ernährung u. s. w., überhaupt Alles, was die Pflanzen gesund und kräftig macht, die Frostgefahr vermindert werden, wofür die Erfahrungen der Frostjahre viele Belege geliefert haben. Sehr wichtig ist auch die Beförderung des Eintritts der Ruheperiode (Entblättern ist nach Verf. ohne Vortheil) und Erhaltung derselben durch Schutz der Pflanzen und des Bodens gegen zu frühzeitige Erwärmung.

2. Aeußerlich angebrachter Schutz.

Bedecken mit Erde, Schnee u. dergl. Räuchern der Weinberge. Diese letztere Maßnahme ist namentlich sehr ausführlich besprochen; ein besonderer Abschnitt enthält geschichtliche Darlegungen hierüber.

3. Heilmittel (Behandlung frostbeschädigter Pflanzen).

Es handelt sich hier im Wesentlichen um die weitere Behandlung theilweiser Frostschäden bei Holzpflanzen. Wir müssen bezüglich der von den Obstbaumzüchtern angewandten Mittel, die wohl noch zum Theil erst der Aufklärung durch physiologische Untersuchung bedürfen, auf das Original verweisen. *C. K.*

J. Schwendener. **Untersuchungen über das Saftsteigen.** Sitzungsber. d. k. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Sitzg. vom 8. Juli 1886. 42 S.

Digitized by Google

„Die Vertreter der neueren Auffassung (daß die Hohlräume der Tracheiden und Gefäße die Strömungsbahn der Wasserbewegung sind) haben es nicht an Versuchen fehlen lassen, welche darauf abzielen, das Zustandekommen der Bewegung in den genannten Hohlräumen nach physikalischen Principien zu erklären. Wir besitzen bereits eine ziemliche Anzahl hierauf bezüglicher „Theorien“ . . . Unser Wissen über die Vorgänge, welche im Holzkörper der Bäume sich abspielen, ist aber noch immer so lückenhaft, daß jede wirkliche Bereicherung nach dieser Seite hin werthvoll erscheint. Erst wenn die experimentelle Forschung die nöthigen Grundlagen geschaffen, kann der Aufbau einer wissenschaftlichen Theorie des Saftsteigens um einen Schritt weiter geführt werden.“ Diese Mittheilung liefert Beiträge zur Entscheidung verschiedener Vorfragen.

I. Inhalt der Gefäße und Tracheiden des Holzkörpers.

Entgegen der Auffassung, daß der Inhalt in Luft und Wasser bestehe, war behauptet worden, die wasserleitenden Organe enthielten entweder Wasser oder Wasserdampf, aber keine Luft. Specielle Beobachtungen an unter Luftabschluß ausgebohrten Holzzapfen von Laub- und Nadelhölzern ergaben ausnahmslos, daß die erst erwähnte Ansicht die richtige ist: neben Wasser ist auch (von der Periode größter Saftfülle abgesehen) Luft in den Gefäßen und Tracheiden vorhanden, wobei die Luftblasen gewöhnlich im mittleren Theil der Zellen liegen. Nach den Messungen befand sich in jedem Gefäße der untersuchten Laubhölzer eine *Jamin*'sche Kette, deren Luftblasen (bei Atmosphärendruck) im Durchschnitt etwa eine Länge von 6,33 mm hatten, während die damit alterirenden Wassersäulen nur etwa 6,14 mm lang waren.

II. Verhalten der Jamin'schen Kette.

Welche Bewegungsvorgänge finden in dieser Kette bei Druckdifferenzen statt oder, in Anwendung auf den Holzkörper und die Wasserbewegung, auf welche Strecke machen Saugwirkungen am einen Ende ihren Einfluß geltend?

Der Druck, welcher nothwendig ist, um durch genügend safthaltige Holzstücke eine Luftströmung hervorzubringen, giebt Aufschluß über die Größe des Widerstandes der Kette in den Gefäßen und, bei bekannter mittlerer Länge der Luftblasen und Wassersäulen, jeder einzelnen Wassersäule. Der Widerstand ist sehr erheblich; z. B. um durch frische Wurzelstücke der Rothbuche von 120 mm Luft zu treiben, war ein Wasserdruck von 1200 mm nothwendig. Aus den Versuchen berechnet sich pro Gliederpaar (je eine Luft- und Wassersäule zusammen) der Widerstand auf 5—10 mm Wasserdruck. Aus verschiedenen Gründen muß aber behauptet werden, daß dieser Widerstand gegen Verschiebung zu gering ist und thatsächlich um das Mehrfache höher angesetzt werden muß.

Nehmen wir an, an einem Ende einer aufrechten Kette mit 1 mm langen Luftblasen und Wassersäulen finde eine längere Saugwirkung statt. Der Widerstand eines Gliederpaares betrug 9, der Gesammtwiderstand also 10 mm Wasser. Schon in der 1000. Luftblase abwärts müßte Atmosphärendruck herrschen, die Länge der Kette, soweit sie durch die Saugwirkung beeinflußt wird, betrüge 3000 mm. Berechnet man die Kettenlänge für die Gefäße, so ergiebt sich nach Korrektur des Reibungswiderstandes und auf Grund der Messungen der Gliederlängen nur ein Werth von 2—3 m: unter Annahme, daß keine osmotische Saug-

Digitized by Google

wirkung am oberen Ende stattfindet, kann die durch Transpiration bedingte Saugwirkung in den Gefäßen nur auf die dünneren Aeste sich erstrecken, auf keinen Fall bis zu den Wurzeln eines höheren Baumes sich fortsetzen. Da der Saftauftrieb von untenher in den Gefäßen bei entfalteten Blättern auch nur auf geringe Höhe geschehen kann, bleibt zwischen Saugung von oben und Druck von unten eine oft lange Strecke, in der die Fortbewegung durch anderweitige Kräfte geschehen müßte.

III. Das Wassernetz im Tracheidensystem des Holzkörpers.

Ein zweites, Luftblasen und Wassertropfen enthaltendes, bei genügendem Wassergehalt zur kontinuirlichen Kette gereihtes System sind die ringsum geschlossenen Tracheiden (und Libriformzellen), in welchen wegen ungleicher Permeabilität der Zellmembran für Luft und Wasser nur letzteres sich fortbewegt, während erstere an Ort und Stelle bleibt, sonst aber wie in den Gefäßen durch Spannungsänderungen aktiv auf die Wasserbewegung einwirkt. Wie weit wirkt Luftverdünnung in diesem System bewegend abwärts?

Die Widerstände sind verschieden je nach dem Saftgehalte des Holzes. Beispielsweise vermochte ein Druck von 1,20 m in einem 10 m langen saftreichen Sproß (mit zusammenhängenden Wasserfäden) die Filtrationswiderstände zu überwinden, also ein Atmosphärendruck wäre im Stande, Wasser im Libriform unter der angegebenen Bedingung 8,80 m zu heben. Bei steigendem Luftgehalte wird immer größerer Druck erforderlich, um das Wasser in Tracheiden in Bewegung zu setzen. Und nach den bisherigen Erfahrungen enthalten die Stämme der meisten höheren Bäume während der Sommermonate keine zusammenhängenden Wasserfäden.

Ueber die faktische Tragweite der durch Verdunstung bewirkten Saugung gewähren die am lebenden Baum in verschiedenen Höhen vorgenommenen Manometerversuche einige Fingerzeige. Z. B. eine junge Eiche zeigte am 7. Juni innerhalb der Krone lebhaftes Saugen; ein Manometer in mittlerer Höhe reagirte sehr schwach, ein zunächst der Basis befindliches zeigte gar keine Veränderung. Trotz warmer Witterung war die Saugwirkung kaum über die Mitte des noch jungen Stammes nach abwärts fortgeschritten. Sie dauerte am anderen Tage noch fort, obwohl es die ganze Nacht hindurch geregnet hatte. Erst nach einigen weiteren regnerischen Tagen zeigten sich im mittleren Stamm osmotische Wirkungen, während das Saugen aufhörte. Die Wasserbewegung in einem Baum muß hiernach nur sehr langsam vor sich gehen, pro Sommertag vielleicht nur 3—5 m.

Da nach den Erläuterungen des Verf. die eigentlichen Tracheiden (die hofgetüpfelten Zellen) als wasserleitende Organe bester Qualität zu bezeichnen sind, so hat es Interesse, das Fehlen oder Vorkommen solcher Zellenformen bei verschiedenen Gewächsen nachzuweisen. Es ist hier eine auszügliche Uebersicht der von *E. L. Gregory* diesbezüglich gemachten anatomischen Untersuchungen eingeschaltet.

Als Hauptresultat der Erfahrungen *Sch.'s* ist anzuführen, daß die Saugung der Krone im Verein mit dem Wurzeldruck und den in Gefäßen und Tracheiden wirksamen physikalischen Kräften nicht ausreicht, um das Saftsteigen in höheren Bäumen zu erklären.

Digitized by Google

IV. Kritische Bemerkungen.

Diesem Abschnitte entnehmen wir die Darlegungen über das Verhältniß zwischen Kapillarität und Imbibition, welche namentlich von *Sachs* als grundsätzlich verschieden hingestellt wurden. Verf. bleibt bei einer früheren Auffassung stehen, daß sich zwischen Kapillarität und Imbibition keine Grenzen ziehen lassen, weder hinsichtlich der Größe der Räume, in denen sich die Flüssigkeit bewegt, noch nach allenfallsigen Volumänderungen der festen Substanz. Das Volum kann ab- und zunehmen. Die Wassersäule trachtet die Wände, zwischen denen sie aufsteigt, einander zu nähern, erst wenn der Kanal so eng wird, daß die Anziehung zwischen fester Wandfläche und Wasser größer wird als der halbe Abstand der opponirten Wände, wird Volumzunahme eintreten. In Konsequenz dieser Auffassung muß selbstverständlich die Fortbewegung einer Flüssigkeit in recht engen Kanälen enorme Reibungswiderstände überwinden, also auch äußerst langsam vor sich gehen. Abgeschnittene Aeste, mit dem unteren Ende in Wasser gestellt, vertrocknen einfach von oben nach abwärts!

Die Theorieen von *Vesque*, *Böhm*, *R. Hartig*, *Elfcing*, *Godlewski* leiden sämmtlich an physikalischen Unmöglichkeiten. Verf. ist der Ansicht, daß die Parenchymzellen des Holzes zur Erklärung der Wasserbewegung beigezogen werden müssen, wenn auch zur Zeit noch keine befriedigende Einsicht in das Spiel der Thätigkeit dieser Zellen erlangt ist. *C. K.*

G. Haberlandt. **Ueber das Assimilationssystem.** Berichte der deutschen botan. Ges. Bd. IV (1886). Heft 6. S. 206—236.

Während *Stahl* Form und Stellung der assimilirenden Zellen aus den Beleuchtungsverhältnissen erklärt, sieht Verf. im anatomischen Bau das Princip der Oberflächenvergrößerung, namentlich aber jenes der Stoffableitung auf möglichst kurzem Wege befolgt. Für diese seine Ansicht bringt hier Verf. weitere Belege bei.

1. Es ist richtig, daß bei einer Anzahl von Pflanzenarten die Chlorophyllkörner der Palissadenzellen der Lichtrichtung und den Lichtintensitäten entsprechende Stellungsänderungen vollziehen, so daß z. B. die Querwände der Palissadenzellen bei schwachem Lichte von Chlorophyllkörnern besetzt, im stärkeren Lichte davon frei sind. Indessen sind die Pflanzen mit solchen Stellungsänderungen nicht häufig und es kommen Lagerungsverhältnisse vor, welche der *Stahl*'schen Theorie widersprechen. In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird durch einen Beleuchtungswechsel keine Aenderung in der Vertheilung und Orientirung der Chlorophyllkörner veranlaßt. Ferner giebt es zahlreiche Fälle (Blätter mit lockerem Bau des Palissadengewebes), in welchen die Querwände der Palissadenzellen auch dann stets von Körnern entblößt sind, wenn sie eine geneigte oder zur Organoberfläche nahezu senkrechte Stellung zeigen, während die Seitenwände trotz ungefährer Parallelität zur Organoberfläche mit Chlorophyllkörnern besetzt bleiben. Uebrigens ist zu bemerken, daß das Licht beim Eindringen in ein Blatt durch Reflexion, Absorption und Zerstreuung rasch geschwächt wird, ferner in der freien Natur das Sonnenlicht niemals dauernd senkrecht auf die Laubblattfläche fällt. Für Chlorophyllkörner der tiefer liegenden Zellen fällt

Digitized by Google

demnach jedenfalls die Veranlassung weg, in Profilstellung zu gehen, es kann demnach auch die bevorzugte Ausbildung der zur Organfläche senkrechten Seitenwände nicht den Zweck haben, die Profilstellung der Chlorophyllkörner zu ermöglichen. Der Satz dagegen: „Im specifischen Assimilationsparenchym, dem Palissadengewebe, sind jene Zellwände, durch welche sich der Strom der auswandernden Assimilate bewegt, von Chlorophyllkörnern entblößt", gestattet, die anatomischen Verhältnisse in ihrer physiologischen Bedeutung zu verstehen, wie an verschiedenen Beispielen neuerdings erläutert wird.

2. Als Beleg der *Stahl*'schen Theorie war auch beigebracht worden, daß in den Blättern und assimilirenden Stengeln verschiedener Pflanzen die Zellen des Assimilationsgewebes in direkter Accomodation an die Beleuchtungsrichtung sich schief zur Oberfläche stellen. Diese Schiefstellung tritt aber auch unter Verhältnissen auf, welche den Einfluß des Lichtes ausschließen (schon in ganz jungen Blättern in der Knospenlage oder unter der Erdoberfläche), auch können die Palissadenzellen in überhängenden Blättern spitzeinwärts gestellt sein und hierdurch in ganz „zweckwidriger" Lage sich befinden. Die Schiefstellung ist nicht durch das Licht bedingt, sondern rührt von passiven Verschiebungen durch Wachsthum und Streckung anderer Gewebselemente her.

3. Auch der Umstand, daß bei Schattenblättern gegenüber Sonnenblättern der gleichen Art das Palissadengewebe sich weniger ausbildet, kann zur Erklärung der Form und Orientirung der Palissadenzellen nicht herangezogen werden. Palissaden entwickeln sich auch im Schatten und sogar auf der Unterseite von Schattenblättern; die Abnahme des Palissadengewebes braucht nicht mit Zunahme des Schwammgewebes verbunden zu sein, so daß also eigentlich nicht das Palissadengewebe im Schatten als das Schwammgewebe zunimmt, sondern nur das Palissadengewebe schwächer wird. Die Pflanze trägt wie überhaupt, so auch in diesem Falle bei der Ausbildung ihrer Apparate der Gunst oder Ungunst der äußeren Verhältnisse in einer für sie vortheilhaften Weise Rechnung.

4. Die Bauprincipien des Assimilationssystems. In diesem Abschnitte sind verschiedene Einwürfe gegen das Princip der Stoffableitung auf möglichst kurzem Wege behandelt und weitere einschlägige Fälle beschrieben, denen entnommen wird, daß es bei der gestreckten Form der Assimilationszellen auf das Princip der Stoffableitung, nicht aber auf deren zur Organfläche senkrechte Stellung ankommt.

C. K.

J. Wortmann. **Theorie des Windens.** Botanische Zeitung. 1886. Nr. 16—21.

Während die Vorgänger des Verf. das Winden außer auf die revolutive Nutation und den negativen Geotropismus noch auf besondere mitwirkende Faktoren (durch die „Greifbewegung" bewirkte Spannungen; Reizbarkeit) zurückzuführen suchten, hält Verf. Nutation und Geotropismus allein für ausreichend, um die verschiedenen Windungsbewegungen aufzuklären. Reizbarkeit ist überhaupt nicht vorhanden, und die Greifbewegungen könnten nur als sekundär nützlich bei dicken Stützen in Betracht kommen, während sie bei dünnen Stützen, um welche am regelmäßigsten gewunden wird, nur verhältnißmäßig selten und höchstens mit geringem Drucke zur Ausführung kommen. Bei sehr dicken Stützen wächst die Stengelspitze oft der Stütze stetig angedrückt weiter.

Digitized by Google

Wird der Stengel einer Windepflanze vor dem Umsinken seiner Spitze bewahrt, so werden von dem Gipfel zunächst eine oder einige flach ansteigende Spiralen gebildet; unter fortwährender Neubildung solcher Windungen verengern die schon gebildeten ihren Durchmesser, der Stengel wird völlig gerade und vertikal. „Während ein gewöhnliches orthotropes Internodium geradlinig, in der Vertikalen aufwärts wachsend sich streckt, findet, wenn das Umsinken des Stengels verhindert wird, die Streckung des Internodiums der Schlingpflanzen in Richtung einer Anfangs flachen, und steiler werdenden Schraubenlinie statt; der Schlußeffekt ist aber auch in diesem Falle derselbe, nämlich vertikale Richtung des ausgewachsenen Internodiums. Diese Grundbewegung des wachsenden Internodiums der Schlingpflanzen ist der Schwerpunkt, von welchem man bei einer Erklärung des Windevorgangs auszugehen hat." In einer nicht näher erörterten Weise sieht Verf. in diesen schraubenlinigen Bewegungen das Ergebniß der Zusammenwirkung von negativem Geotropismus und kreisender Nutation, welche in jedem kleinsten Querabschnitt vorhanden sind; die Bedeutung der Stütze besteht nur darin, daß sie ein Hinderniß ist für die Geradstreckung des in schraubenliniger Bewegung begriffenen Stengels. Wie schon frühere Autoren findet auch Verf., daß bei Verwendung von dünnen Stützen erst flache freie Windungen entstehen, welche sich im Fortschreiten der bisherigen Wachsthumsbewegungen (nicht durch Geotropismus allein) allmählich verengern und um so früher der Stütze anlegen, je dicker diese ist. Die Streckung geht in der Schraubenlinie fort, wobei sich die Zahl der fertigen Windungen vergrößert.

Die bei experimentellen Untersuchungen auftretenden verschiedenen Erscheinungen sucht Verf. durch die schraubenlinige Bewegung zu erklären, so das Abwickeln beim Umkehren einer Windepflanze u. s. w. Bei der Rotation um eine horizontale Achse erlischt die rotirende Nutation, zufolge der „Rectipetalität" streckt sich der Stengel gerade.

Wie schon für *Sachs* sind auch für den Verf. die ohne Stütze gebildeten, sogenannten freien Windungen von principieller Bedeutung, indem nämlich in ihnen die den Schlingstengeln eigenthümliche Wachsthumsweise zum Ausdrucke kommt, anderen Auffassungen gegenüber, welche in diesen freien Windungen ein abnormes Verhalten ersehen wollen. Allerdings gelangen solche freie Windungen in der Natur nur in besonderen Fällen zur Beobachtung; ist der über die Stütze hinaus gewachsene Sproßtheil leicht und steif genug, um sich aufrecht zu erhalten, so bildet er auch freie Windungen, ebenso wenn Retardationen des Längenwachsthums eintreten. Bei kräftigem Wachsthum verengern sich die flachen Windungen rasch, der Stengel bekommt eine langgezogene S-förmige Gestalt, genauer fast gerade gestreckte Schraubenwindungen. Hängt der Sproß vollends über, so kommt er in Drehung, womit eine Bildung neuer Schraubenlinien unmöglich wird. Wird die Drehung verhindert, so tritt auch in diesem Falle schraubenlinige Aufrichtung ein.

Einen Umstand, der die klare Einsicht in die Windungsvorgänge erschwert und dazu veranlaßt hat, den Hauptvorgang durch Nebensächliches zu verdecken, bilden die Torsionen der Schlingpflanzen. Die Ansichten über deren Richtung und Ursache sind verschieden, meist aber werden die homodromen aus inneren, die antidromen aus äußeren Ursachen erklärt. Nach Verf. sind die homodromen

Digitized by Google

Torsionen nichts als eine fortgesetzte schraubenlinige Bewegung des wachsenden Stengels, so daß dieselben Ursachen, welche zum Winden führen, auch homodrome Torsionen hervorrufen. Wenn die Torsionen zahlreicher sind als die Windungen, so erklärt sich dies daraus, daß auch die gerade gewordenen, noch wachsenden Stengel um sich selbst gedreht weiter wachsen. Die homodromen Torsionen bei horizontalliegenden Stengeln sind der Ausdruck des Bestrebens zur schraubenförmigen Anfrichtung, welches durch das Eigengewicht der Sprosse unterdrückt wird. Beim Winden um dünne Stützen beobachtete Verf., wenn nicht äußere Umstände hinzutraten, jedesmal das Auftreten homodromer Torsionen. Ist aber die freie Bewegung des Gipfels durch irgend welche äußere Ursachen gehindert, z. B. bei der Greifbewegung, so entstehen antidrome Torsionen. *C. K.*

S. Schwendener. **Zur Wortmann'schen Theorie des Windens.** Sitzungsbericht d. k. pr. Ak. d. Wiss. zu Berlin. Sitzg. vom 22. Juli 1886.

Verf. unterzieht die eben gegebene Darstellung *Wortmann's* einer scharfen Kritik, die darin gipfelt, daß die durch die „Greifbewegung" bewirkten Spannungen zum Geotropismus und der rotirenden Nutation nothwendig sich addiren müssen, um bleibende Windungen an der Stütze hervorzubringen[1]).

1. Die Greifbewegung braucht nicht auf den Bogen, dessen oberes Ende die Terminalknospe bildet, beschränkt zu sein, es ist bloß nöthig, daß ein beliebiges, die Stütze etwa halb umfassendes Stengelstück nach Herstellung des Kontakts an den beiden Enden sich noch weiter zu krümmen strebt, es können auch gleichzeitig mehrere Bogen wirksam sein. Diese Greifbewegungen sind bei jeder Schlingpflanze innerhalb der nutirenden Strecke vorhanden.

2. Die lockeren Windungen, welche der Sproßgipfel bei Anwendung fadenförmiger Stützen ohne alle Kontaktwirkung bildet, sind für das Winden entbehrlich. Oft kommen sie nicht zu Stande und wo sie entstehen, sind sie zum großen Betrag vergänglich und liegt keine Gewähr dafür vor, daß das, was an ihnen Bleibendes ist, das spätere Abgleiten oder Abwickeln von der Stütze zu verhindern vermag.

3. Wenn Schlingstengel bei sehr dicken Stützen an der Oberfläche fortwachsen, so spricht dies im Gegentheil gegen die Nothwendigkeit der Greifbewegung. Gerade bei diesem „Greifen", welches dann allerdings ein „Festhalten" ist, kommt das Maximum der Arbeitsleistung der Greifbewegungen zu Stande.

4. Wenn man einem Stengel, der um eine dicke Stütze gewunden hat, diese nimmt und eine dünne einschiebt, so legen sich die jüngeren Windungen unter Zunahme ihrer Zahl der neuen Stütze mehr weniger an. Dieser Vorgang kann aber mit dem freien Wachsthum des Sproßgipfels nicht verglichen werden, es handelt sich einfach um Ausgleich der Spannungen, wobei sich der Stengel nicht zu verlängern braucht, auch ist bei der raschen Abwickelung des Vorgangs Mitwirkung von Geotropismus und Nutation unwahrscheinlich.

5. Wenn die freien Windungen, welche ohne Zuthun der Stütze durch Nutation und Geotropismus entstehen, auch nach Aufhören der Nutation noch eine Schraubenlinie bilden würden, so müßte diese eine ganz bestimmte, die lothrechte, Stellung einnehmen. Wird aber eine Windepflanze nach einer seitlichen Stütze abgelenkt, so bedarf es hierzu einer seitlichen, von Nutation und Geotropismus unabhängigen Kraft, als welche einstweilen nur die Greifbewegung übrig bleibt.

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. V. p. 266–270.

Digitized by Google

„Die vorstehende Beweisführung kann jetzt auch folgendermaßen formulirt werden. Es ist Thatsache, daß unterhalb der freien Windung des Sproßgipfels noch wiederholte Greifbewegungen der nutirenden Internodien stattfinden und daß dadurch (neben der wirklichen antidromen Torsion) bleibende Krümmungen nach der Stütze hin zu Stande kommen. Erst durch diese neu hinzukommenden Dauerkrümmungen, die sich mit den eventuell gegebenen der freien Windung kombiniren, wird demzufolge der definitive Zustand hergestellt und natürlich ohne Ueberschuß. Daraus folgt aber, daß die freie Windung für sich allein einen ausreichenden Betrag bleibender Krümmung nach der Stütze hin nicht zu liefern vermag, die Mitwirkung der Greifbewegung also durchaus nothwendig ist. Aber noch mehr: die freie Windung des Gipfels kann vollständig fehlen, ohne daß der Vorgang des Windens dadurch gestört würde. Die Arbeitsleistung der Greifbewegung müßte vielleicht in diesem Falle etwas höher veranschlagt werden; dafür dauern aber auch die Nutationen lange genug, um selbst beträchtlich erhöhten Anforderungen entsprechen zu können. Die Vorarbeit der freien Windung ist also ganz und gar überflüssig." *C. K.*

J. Wortmann. **Einige Bemerkungen zu der von Schwendener gegen meine Theorie des Windens gerichteten Erwiderung.** Botan. Zeitung 1886. Nr. 35.

ad 2. Die freien Windungen, welche sich aus geotropischen und Nutationskrümmungen zusammensetzen, sind nicht vergänglich, da nicht allein der geotropische Antheil bleibend ist, sondern auch die Nutationsbewegungen fortdauern, so lange der Stengelabschnitt wächst. Die fortdauernde Kombination dieser beiden Bewegungsarten muß ein Anlegen an die Stütze zur Folge haben. — Nicht bloß der Sproßgipfel, sondern jeder Abschnitt des Stengels, so lange er überhaupt wächst, ist in der Windebewegung (schraubenliniger Streckung) begriffen.

ad 3. Wenn auch beim Winden um dicke Stützen die Greifbewegungen sehr ausgiebig sind, so ist damit deren Nothwendigkeit noch nicht bewiesen.

ad 4. Verf. bleibt bei seiner Deutung, daß das Anlegen der um eine dickere Stütze gebildeten Windungen an eine dünnere ein Wachsthumsvorgang d. h. durch Wachsthum bewirkte Ausgleichung geotropischer und Nutationsspannungen ist. Auf die Angabe *Schwendener's*, daß laut Messungen bei dieser „Streckung" die Internodien sich nicht verlängerten (Verf. leitet das Statthaben von Wachsthum bei diesem Vorgange aus allgemeinen Gründen ab), wird nichts bemerkt.

ad 5. Die Zusammenwirkung von Nutation und Geotropismus genügt auch, das Winden um schräge Stützen zu verstehen, soweit die Kombination der obwaltenden Verhältnisse das Winden überhaupt zu Stande kommen läßt. *C. K.*

G. Krabbe. **Das gleitende Wachsthum bei der Gewebebildung der Gefäßpflanzen.** 100 S. mit 7 Tafeln. Berlin 1886 bei Gebr. Borntträger.

Bekanntlich unterscheidet man eine unächte Gewebebildung und eine ächte; die erstere, welche bei den Thallophyten (Pilzen, Flechten, einem Theil der Algen) vorkommt, entsteht durch Verzweigung von Hyphen, deren Ausstülpungen sich zwischen die vorhandenen Elemente einschieben; die letztere kommt durch Zelltheilung zu Stande. Bei der unächten Gewebebildung gleiten demnach die Zelläste auf den anderen Zellen fort. Auch bei höheren Gewächsen kennt man ähnliche Fälle, so bei den gegliederten Milchröhren, welche sich durch Verzweigung in der Pflanze ausbreiten.

Digitized by Google

Indessen ist ein mit Gleiten verbundener Wachsthumsproceß (das gleitende Wachsthum) auch bei den Gefäßpflanzen weit verbreitet. Die Arbeit des Verf. dreht sich um den Nachweis, wie sich in einem durch Zelltheilung entstandenen Gewebe in der angedeuteten Beziehung die einzelnen Elemente bei ihrem Vergrößerungsbestreben verhalten. Es stellt sich heraus, daß durch das selbständige Wachsthum der Gewebeelemente nicht nur die räumliche Ausdehnung, sondern auch der Charakter bestimmt wird, durch welchen sich ein Gewebe im fertigen Zustande auszeichnet. In Folge des Vorkommens des gleitenden Wachsthums bei den höher organisirten Pflanzen und dessen Bedeutung für deren Gewebebildung läßt sich keine strenge Grenze zwischen Thallophyten und Gefäßpflanzen hinsichtlich der Gewebebildung ziehen.

Am deutlichsten zeigen sich die Erscheinungen des gleitenden Wachsthums bei der Gefäßbildung im Splinte der Laubbäume. Verf. hat diese Vorgänge anatomisch ausführlich verfolgt und beschrieben, wir müssen uns aber darauf beschränken anzudeuten, daß das wachsende Gefäß gleitend zwischen die (aus den Kambialtheilungen hervorgehenden) benachbarten radialen Zellreihen hinein dringt und deren tangentiale Trennungswände spaltet. Die anstoßenden Zellwände, welche der tangentialen Ausbreitung des Gefäßes entgegenstehen, werden nicht komprimirt oder verbogen, sie behalten ihre Länge und werden nur zur Verlängerung anderer Wände ihrer Zellen aufgebraucht. „Die Gefäßbildung unserer Laubhölzer beruht darauf, daß während der Streckung der Radialreihen bestimmte Zellen durch gleitendes Wachsthum, zunächst in tangentialer Richtung, einen größeren Raum zu gewinnen im Stande sind, ohne deshalb die Nachbarzellen in ihrer Existenz zu beeinträchtigen; denn diese erfahren nur gewisse Formänderungen." Bei fortgesetztem gleitenden Wachsthum eines Gefäßes werden nicht nur die beiderseitigen Radialreihen, sondern auch noch weitere durchbrochen, womit die Zellenzahl in der Umgebung des Gefäßes eine Zunahme erfährt. Kommt zum gleitenden Wachsthum in tangentialer Richtung noch ein solches in radialer Richtung, so werden die Vorgänge sehr komplicirt. Außerdem beschränken sich diese Verschiebungen nicht bloß auf das Gefäß und die unmittelbar angrenzenden Zellen, es kann auch gleitendes Wachsthum in Gewebezonen eingeleitet werden, welche mit dem Gefäße in keiner direkten Berührung stehen. Auch die Markstrahlen erleiden oft durch den Einfluß der Gefäße wesentliche Formänderungen der Zellen, wobei auch benachbarte Radialreihen beeinflußt und die Zellen einer Reihe weit von einander verschoben werden können. Die Annahme des gleitenden Wachsthums setzt eine besondere Struktur der Trennungswände der Splintzellen voraus. Verf. nimmt an, daß diese Trennungswände nicht homogen sind, sondern aus zwei Lamellen bestehen.

Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich im Phloëmtheile bei der Ausbildung der Siebröhren, wobei die ursprüngliche radiale Anordnung der Elemente verwischt wird.

In den besprochenen Fällen kommen die Verschiebungen auf dem Querschnitte zur Anschauung, weil das Wachsthum und Gleiten in den Querrichtungen geschieht. Aber auch mit der Längenzunahme der Zellen sind ähnliche und theilweise noch viel ausgiebigere Verschiebungen verbunden. Solche lassen sich namentlich bei der Ausbildung der Tracheiden, Libriform- und Bastfasern der Dikotylen nachweisen. Diese Elemente haben oft eine viel beträchtlichere Länge

Digitized by Google

als die Kambiumzellen, aus denen sie hervorgehen, und dies kann nur dadurch eintreten, daß die Enden sich aneinander und zwischen einander vorbeischieben, womit auch die Zellenzahl eines Querschnitts zunimmt, ohne daß Zelltheilungen stattgefunden haben. Querschnitte durch Splint und junge Rinde vieler Laubbäume liefern entsprechende Bilder genug, die sich mit Hülfe des gleitenden Wachsthums der Zellfasern sehr wohl verstehen lassen.

Auch bei den Monokotylen ist das gleitende Wachsthum allgemein verbreitet. In manchen Familien tritt dieser Wachsthumsproceß bei der Ausbildung gewisser Gewebe derartig in den Vordergrund, daß man an die Gewebebildung der Pilze und Flechten erinnert wird. So ist dies der Fall bei Monokotylen mit sekundärem Dickenwachsthum. Die Kambiumzellen, aus welchen die Gefäßbündelanlagen hervorgehen, erleiden eine beträchtliche Verlängerung, in Folge deren die Zahl der Zellen eines Querschnitts beträchtlich zunimmt, ohne alle Zelltheilungen. Das ganze Xylem kann, was die Tracheiden betrifft, allein durch solch gleitendes Wachsthum (in der Längsrichtung) entstanden sein.

Bezüglich der Versuche des Verf., die Gestaltung der verschiedenen Gefäßformen unserer Laubbäume zu erklären, müssen wir auf das Original verweisen, da ohne Abbildungen nur sehr große Ausführlichkeit sichere Vorstellung bringen könnte. Dagegen seien noch mehrere Schlußfolgerungen erwähnt, welche Verf. seinen Untersuchungen in physiologischer Beziehung entnimmt.

1. Verf. ist der Ansicht, daß seine Untersuchungen der *Sachs*'schen Theorie von der Abhängigkeit des Flächenwachsthums der Zellmembranen vom Turgor widersprechen. Diese Theorie habe überhaupt verschiedene anderweitige Schwächen und dunkle Punkte, das Verhalten der Zellen, welche zu Gefäßen heranwachsen, widerspreche derselben direkt. Es könne sich hierbei nicht um höheren hydrostatischen Druck in diesen Elementen als Ursache ihres Heranwachsens zu Gefäßen handeln, da solche sonst im Allgemeinen bei dem ringsum gleichen Gegendrucke kreisförmigen Querschnitt erhalten müßten, während sie im Anfang von ebenen Wänden begrenzt seien, die oft unter scharfen Winkeln aneinander stoßen; auch die spätere Umrißform und die Entstehung verschiedener Gefäßformen wäre nach der *Sachs*'schen Theorie unerklärlich. Bei manchen Gefäßen, bei welchen eine Turgorsteigerung während ihrer Ausbildung eintritt, komme der von den Gefäßen ausgeübte Druck nicht als solcher, sondern als Reiz zur Wirkung, welcher specifische Wachsthumsprocesse bewirke. „Die gleitenden Wachsthumserscheinungen beruhen auf einer specifischen Thätigkeit der Zellmembranen im Kontakt mit dem Protoplasma." (Gegenüber den vielen Vorkommnissen, welche sich als Stütze der *Sachs*'schen Theorie auffassen lassen und durch diese am einfachsten erklärt werden, ist natürlich erst noch eine ganz genaue kritische Behandlung der Sache erforderlich, besonders da diese Theorie ja wohl Erweiterungen zuläßt, durch die auch andere als die nächst ersichtlichen mechanischen Gesichtspunkte herangezogen werden können. Das Verhalten der Gefäße und ihre Formänderungen während des Wachsthums scheinen auch darauf hinzudeuten, daß eine höhere Turgescenz der zum Gefäße heranwachsenden Zellen sowohl nothwendig ist, als trotz der ebenen Begrenzungswände bestehen kann. D. Ref.)

2. Während nach den neueren Anschauungen das Pflanzenindividuum als Ganzes aufgefaßt in den Vordergrund tritt, die Fächerung in Zellen für Wachs-

Digitized by Google

thum und Gestaltung des Ganzen mehr nebensächlich erscheint, sagt Verf., daß die Vorgänge des gleitenden Wachsthums darauf hinweisen, daß auch die Individualität der Zellen beachtet werden muß; ohne das selbständige Wachsthum der einzelnen Zellen müßte der innere Bau der Pflanze anders sein, als es thatsächlich der Fall ist. — Die Kommunikation der Protoplasten benachbarter Zellen durch Verbindungsfäden kann keine allgemeine Erscheinung in den Pflanzen sein, da der Zusammenhang, wo solcher bestand, durch diese Wachsthumsvorgänge aufgehoben worden ist.

R. Hoffmann. **Untersuchungen über die Wirkung mechanischer Kräfte auf die Theilung, Anordnung und Ausbildung der Zellen beim Aufbau des Stammes der Laub- und Nadelhölzer.** Berliner Diss. Sondershausen. 1885. 23 S. mit 4 Tafeln. Ref. Botanische Zeitung 1886. No. 26.

Verf. hat den Versuch gemacht, der Lösung gewisser, das Dickenwachsthum der Laub- und Nadelhölzer betreffender Probleme näher zu treten. Es soll mechanisch erklärt werden, wie aus dem in den ersten Jahren häufig unregelmäßig gestellten Holzquerschnitt allmählich der runde Querschnitt entsteht; es soll die Ablenkung der Markstrahlen bei einem gesteigerten Rindendruck erklärt, die Beziehung zwischen Rindendruck und Zellvermehrung geprüft und die Lage der durch das excentrische Dickenwachsthum abgelenkten Markstrahlen bestimmt werden.

Die erste Frage wird unter Beiziehung der Wachsthumskraft, der Rindenspannung und dem Rindendruck einerseits, dem Widerstand des Holzkörpers anderseits dahin beantwortet, daß an den konkaven Stellen der Holzkörper stärker wächst, weil der Rindendruck hier negativ ist; von den konvexen Stellen dagegen betrage er $^1/_2$ Atmosphäre, auf der Verbindungslinie der Konvexitäten sei er = 6. Dies sind die Ergebnisse von Berechnungen.

Die Ablenkung der Markstrahlen durch einen gesteigerten Rindendruck kommt in der Natur vor, wenn Bäume gegen Felsen, Wände oder Bäume wachsen. Von der Stelle des stärksten Druckes werden die Markstrahlen beiderseits abgelenkt und stellen sich etwa parallel zur Wand, welcher der Baum angeschmiegt ist. Diese Ablenkung ist nach Verf. das Ergebniß der nämlichen Kräfte, die schon bei der ersten Frage erwähnt sind und dazu des einseitig gesteigerten Rindendruckes.

Von dem sonstigen Inhalte (der im Referate nur andeutungsweise behandelt wird) sei nur erwähnt, daß bei spiraliger Umschnürung der Stämme oder bei Verwundungen sich die Zellen in die „Richtnng des veränderten Saftstroms“ stellen, also von ihrer normalen Lage abgelenkt werden.

W. Detmer. **Ueber Zerstörung der Molekularstruktur des Protoplasmas der Pflanzenzellen.** Botanische Zeitung. 1886. No. 30.

Die grünen Pflanzentheile erleiden beim Absterben mehr weniger auffällige Veränderungen, besonders deutlich sind sie bei Objekten mit säurereichem Zellsafte, als welche Verf. besonders die Blätter von Begonia manicata empfiehlt. Dieselben werden bei der Tödtung gelbbräunlich, während gleichzeitig die bekannten anderweitigen Veränderungen eintreten. Diese Blätter wurden verschiedenen schädlichen äußeren Einflüssen ausgesetzt. 1. Einwirkung von Chloroformdämpfen tödtete das Gewebe bei 15°—20° C. oft schon innerhalb einer Stunde. 2. Leuchtgas machte die Blätter schon nach 7 Stunden mißfarbig. Wasserstoff erst viel später, nach 7 Stunden erst in Spuren. 3. In verdünnter

Digitized by Google

Salzsäure werden Blattstücke rasch braun, in Kalilauge bleiben sie aus bekannten Ursachen auch beim Absterben grün. 0,2 procentige Salicylsäurelösung und solche von salzsaurem Chinin wirken tödtlich, erstere rascher. 4. Ein ziemlich starker Induktionsstrom tödtet die Blätter gleichfalls, ebenso mechanischer Druck (Quetschung), Injektion der Lufträume mit Wasser (bei mehrtägiger Wirkung), höhere (55° und darüber) und niedere Temperatur. Hier lassen sich mannigfache Modifikationen (über die vorher wirksamen Kältegrade, rasches und langsames Aufthauen) an den Blättern zur Anschauung bringen. Nach der Farbänderung sterben die Blätter von Begonia schon bei niedrigen Temperaturen ab, d. h. durch das Gefrieren, nicht erst beim Aufthauen. Andere Pflanzentheile sind aber der Einwirkung niederer Temperaturen gegenüber weit widerstandsfähiger. — Stücke eines und desselben Begoniablattes kommen a) in Wasser von 15° C, b) in Wasser von 0,5 bis 2,0°, c) in verschlossene Gefäße, welche nur Luft enthalten und bei 15° gehalten, d) ebenso, aber durch Eiswasser abgekühlt wurden. Die Blattstücke a) wurden erst nach 5 Tagen oder später, jene von b) nach 2—3 Tagen mißfarbig; c) und d) waren noch nach 8 Tagen grün und turgescent. Die Blätter starben also unter gleichen Verhältnissen in Wasser schneller ab als in Luft, mochten sie letzteren Falls bei 15° oder nur 0,5—2,0° gehalten werden. *C. K.*

Afsusuke Nagamatsz. **Beiträge zur Kenntniß der Chlorophyllfunktion.** Würzburger Diss. Würzburg. 1886. 30 S.

1. Können Blätter von Landpflanzen unter Wasser assimiliren?

Die Blätter verhalten sich in kohlensäurehaltigem Wasser verschieden, je nachdem sie vom Wasser benetzt oder mit einer Luftschicht bedeckt bleiben. Die letzteren bilden viel, die ersteren keine Stärke.

2. Hat das durch ein assimilirendes Blatt hindurchgegangene Licht noch die Kraft, in einem zweiten Blatt Assimilation zu bewirken?

Die geringe Dicke der chlorophyllführenden Schichten in Blättern und anderen assimilirenden Organen, dann die Erfahrung, daß das durch eine Chlorophyllösung gegangene Licht nur in sehr geringem Grade die Fähigkeit besitzt, die Blätter von Wasserpflanzen zur Sauerstoffausscheidung zr veranlassen, läßt erwarten, daß die gestellte Frage verneinend zu beantworten sein wird; der direkte Versuch ergiebt, daß schon chlorophyllhaltige Gewebeschichten von weniger als 0,2 mm Dicke im Stande sind, die Assimilationskraft der Sonnenstrahlen vollständig zu erschöpfen.

3. Einfluß des Welkens auf die Stärkebildung durch Assimilation.

Gewelkte Blätter erzeugen keine Stärke. *C. K.*

K. Osterwald. **Die Wasseraufnahme durch die Oberfläche oberirdischer Pflanzentheile.** Wiss. Beilage zum Programm des städtischen Progymnasiums. Ostern 1886. Berlin bei *R. Gaertner.* 29 S.

Eine ausführliche Litteraturzusammenstellung als Einleitung zu den noch nicht abgeschlossenen eigenen Untersuchungen des Verf. *C. K.*

E. Wollny. **Der Weinstock und die Bodenfeuchtigkeit.** Allgem. Weinzeitung. 1886. Nr. 25—27.

Digitized by Google

III. Agrar-Meteorologie.

Die Hochwasserkatastrophe zu Bruneck in Tyrol im September 1882.

Von Dr. **Breitenlohner** in Wien.

Der Ausfall an Niederschlägen im Herbst, Winter und Frühjahr von 1881 auf 1882 wurde mehr als reichlich im Sommer und Herbst des letzteren Jahres hereingebracht.

In der Zeit vom 25. Juli bis 9. August erlebte ich zu Tölz im bayrischen Hochlande eine fast ununterbrochene Regenperiode mit mehr als 200 mm Niederschlag.

Während auf der Südseite der Alpen die anhaltende Trockenheit sich zur excessiven Dürre steigerte, litt die Nordseite und das Vorland der Alpen an triefender Nässe. Der Wasserstand der Flüsse erreichte eine bedenkliche Höhe, und die Seen füllten sich bis zum Rande, allein es kam nirgends zu einer ernstlichen Ueberfluthung.

Die extreme Witterung wurde diesseits und jenseits des Alpenwalles schwer empfunden. Von den Weidetriften der Nordalpen mußte der zeitweiligen Schneefälle wegen das durch unaufhörlichen Regen bereits arg bedrängte Vieh wiederholt in die Thäler hinabrücken, wogegen es auf der Südseite aus Futtermangel, welcher schon kurz nach dem Auftriebe sich einstellte, in Nothlage gerieth.

Die Centralkette spielte als wetterscheidende Wand eine äußerst wirksame Rolle. Das südliche Alpengebiet lag im Regenschatten der Leeseite.

Von Tölz aus begab ich mich über den Fernpaß in den westlichen Theil des Oetzthalerstockes, erlebte jedoch im Pitz- und Kaunserthal ebenso eine wechselvolle, zumeist regnerische Witterung. Als ich endlich

Digitized by Google

am 14. September im Oberinnthal die Reise bergwärts fortsetzte, fand ich die Gegenden um Finstermünz und Nauders mit Schnee bedeckt. Es war eine stürmische Nachtfahrt durch Vintschgau. Der Regen rauschte in Strömen nieder. Die bislang herrschende Witterung schlug vollständig um; die Leeseite verkehrte sich zur Luvseite. Das südliche Alpengehänge erhielt nun ganz intensive Niederschläge.

Wer das waldberaubte Vintschgau kennt, weiß sich wohl von den kolossalen Muhrbrüchen Rechenschaft zu geben, welche von jeher das linksseitige Gelände verwüsteten. Auch in dieser Nacht wurde die Poststraße an vielen Stellen zerstört. Allenthalben donnerten die Wildbäche zu Thal.

In Meran schienen die Schleusen des Himmels ganz aufgezogen, so heftig schüttete es aus den Wolken. Die Etsch war ziemlich angeschwollen. In größter Eile konnte ich noch den nach Bozen abgehenden Zug benutzen. Von den Porphyrbergen polterten rothgefärbte Sturzbäche nieder, und die Etsch spielte schon bedrohlich an den Bahndamm heran.

Noch war die Straße über Franzensveste in's Pusterthal frei, und unter unablässigem Regen gelangte der Zug ungefährdet bis Bruneck. Die Rienz ging bereits hoch und war außerordentlich trüb.

Tags darauf am 16. September, nachdem es die ganze Nacht hindurch heftig geregnet hatte, begann für Bruneck die grauenvolle Wassersnoth mit dem Einsturze zahlreicher Stadthäuser. Stellenweise war auch die Bahn unter Wasser gesetzt, oder die Berglehnen rutschten unter dem Schienenstrang hinweg in die wild einherstürmende Rienz. Hiermit war Bruneck von jeglicher Verbindung mit der Außenwelt abgeschnitten.

Auf meinen Ferienreisen im Hochgebirge vielfach mit der Untersuchung der Wasser- und Schlammmengen der Gletscherbäche beschäftigt, glaubte ich meinen unfreiwilligen, längeren Aufenthalt in Bruneck dahin nutzbar machen zu sollen, indem ich mich nach Kräften bemühte, die während der Hochfluth unter so abnormen Umständen abgeführten Wasser- und Schlammquantitäten wenigstens annäherungsweise festzustellen.

Derartige Ermittelungen, welche mindestens sehr lehrreich und für manches Wissensgebiet nicht unerwünscht sind, liegen noch spärlich vor, und es ist zu beklagen, daß bei solchen Ereignissen gerade die berufensten

Digitized by Google

Leute es unterlassen, ein für praktische Zwecke gewiß nicht unwichtiges Material zu sammeln. Meines Wissens ist auch nirgends in den von der Ueberschwemmung betroffenen Alpenländern Oesterreichs eine darauf gerichtete Beobachtung angestellt worden, denn man hätte sicherlich nicht verabsäumt, dieselbe der Oeffentlichkeit zu übergeben, was jedoch innerhalb vier Jahren nicht geschehen ist.

In Brixen, am Zusammenfluß von Eisack und Rienz, haben, wie ich später in Erfahrung brachte, einige Ingenieure die Wassergeschwindigkeit zu konstatiren versucht. So sehr ich es mir aber persönlich und schriftlich angelegen sein ließ, die Resultate dieser Messungen kennen zu lernen, ist selbst ein vierjähriges Zuwarten völlig erfolglos geblieben. Die Gründe dieser Verheimlichung sind freilich nicht so leicht erfindlich.

Neben der momentanen Situation in Bruneck waren auch die lokalen Verhältnisse für das Gelingen meines Vorhabens nichts weniger als günstig.

Im Flußlauf der Rienz wechseln Thalweitungen mit Thalengen. Aus der Thalenge unterhalb der Lamprechtsburg gewinnt die Rienz die ansehnliche Thalweitung vor Bruneck und erfährt beim Passiren der Stadt eine für dieselbe verhängnißvolle Einengung des Bettes. Hierbei beschreibt der Fluß einen Bogen und wendet sich außerhalb des Weichbildes, bevor sich der aus den hohen Tauern kommende Ahrenbach in die Rienz ergießt, wiederum in einem Bogen gegen das Bahnhofgebäude. Diese Krümmungen waren sowohl ein Hemmniß für den rascheren Abfluß des Wassers, als sie auch der hin und her geworfenen Fluth ebenso viele gefährliche Angriffspunkte boten.

Zur Ermittelung der Wassergeschwindigkeit stand bloß die Strecke zwischen der städtischen und ärarischen Brücke zur Verfügung. Der Stromstrich der in dieser Krümmung stark eingezwängten Rienz hielt sich an der Stadtseite mit den hart an das Wasser vorgeschobenen Häusern.

Die erste Beobachtung geschah am 16. September Nachmittags zur Zeit des höchsten Wasserstandes. Die Rienz glich einem wahrhaftigen Schlammstrome, so dickflüssig wälzten sich die mit allem möglichen Holzwerk beladenen, erdfarbigen Fluthen heran. Im chaotischen Durcheinander trieben Baumstämme, Sägeklötze, Brückentrümmer, Dachbestandtheile und sonstige demolirte Objekte.

Als Schwimmer verwendete ich klobige Scheiter, welche, um inmitten der mannigfaltigen transportirten Gegenstände im ungemein schmutzigen

Digitized by Google

Wasser auffällig zu sein, in helles, mit Bindfaden befestigtes Papier gewickelt waren. Ohne diese Emballage hätte man in dem krausen Wirrsal des Wogenschwalles unmöglich eine sichere Unterscheidung treffen können. Auf der unteren Brücke, von wo aus auf ein gegebenes Zeichen der Einwurf der Schwimmer ganz genau kontrolirt werden konnte, wurde die Zeitdauer der Scheiterfahrt fixirt, welche im Stromstrich auf eine Weglänge von mehr als 100 m bei drei Versuchen kaum um eine Sekunde variirte.

Die in Folge der unausgesetzten heftigen Erschütterungen durch anprallende Schutt- und Steinmassen, namentlich durch die schweren Stammhölzer der Brettersägen, kaum noch standfeste Stadtbrücke stürzte auch am darauffolgenden Tage in die Rienz. Für den zweiten Versuch am 22. September wurde der verbliebene Brückenkopf benützt.

Diese Messungen der Geschwindigkeit an der Oberfläche mußten mit Aufbietung aller Energie unter Schwierigkeiten ausgeführt werden, welche gerade von einer Seite bereitet wurden, von welcher man eher die weitgehendste Unterstützung hätte erwarten sollen.

Die Höhe und die Schwankungen des Wasserstandes ließen sich, da nicht einmal an der ärarischen Brücke ein Pegel sich befand, nicht unmittelbar notiren. Ich hätte es auch gar nicht wagen dürfen, eine interimistische Maßlatte anzubringen, und mußte mich daher an gewisse Merkmale am Brückenkopfe halten, welche ich dann später mitsammt der Brücke photographiren ließ.

Um die Dimensionen des Brückenprofils und die Weglänge von einer Brücke zur andern in authentische Erfahrung zu bringen, wendete ich mich, nach Wien zurückgekehrt, an die berufene Oberbehörde, unter genauer Angabe dessen, was ich noch zu wissen brauchte. Ein hoher Auftrag wird wohl rasch ausgeführt, allein ich war von dem Inhalt nur zum Theil befriedigt. Es blieb mir sonach nichts übrig, als im nächsten Jahre geflissentlich nach Bruneck zu reisen und die noch fehlenden Erhebungen selbst zu pflegen.

Die Wasserproben zur Bestimmung der Schlammmenge wurden in den ersten vier Tagen dreimal des Tages zu je zwei Liter unterhalb der ärarischen Brücke, an einer günstigen, vom Stromstrich berührten Stelle geschöpft. Späterhin, als die Hochfluth abgelaufen war und die Sicherungsarbeiten oberhalb der Stadt die Trübungen beeinflußten, fing ich nur

Digitized by Google

einmal des Tages zu Mittag einen Liter Wasser beim Austritte der Rienz aus der Enge von Lamprechtsburg auf.

Die Proben wurden, nachdem sich die erdigen Bestandtheile vollständig abgesetzt hatten, dekantirt und in kleinere Glasgefäße überspült, gut verschlossen und emballirt in eine Kiste verpackt und nach Wien expedirt. Auf dem Transporte, welcher gegen Franzensveste wegen der theilweise zerstörten Verbindung etwas schwierig war, ging erfreulicherweise, Dank der sorgfältigsten Verwahrung, kein einziges Glas zu Grunde.

Der Betrag an gelösten Stoffen ist bei der Natur des Materiales gewiß sehr beträchtlich. Die abfiltrirten Wasserportionen wurden zum Zwecke einer späteren Analyse zur Seite gestellt, harren aber zur Stunde noch der Untersuchung.

Das Gewicht der Trübungen, bestehend aus sandigem Schlamm, bezieht sich auf bei 100° C. getrocknete Substanz.

Schlammführung der Rienz bei Bruneck im Pusterthal während der ersten Ueberschwemmung im September 1882.

Während der Hochfluth.				Nach der Hochfluth. Geschöpft um 12 Uhr Mittag.	
September	Stunde der geschöpften Wasserprobe	Kilogramm Sedimente in 1 Kubikmeter Wasser		September	Kilogramm Sedimente in 1 Kubikmeter Wasser
		Einzeln	Mittel		
16.	12	26,694		20.	12,386
	2	47,712	43,929	21.	12,343
	6	57,382		22.	10,164
17.	12	55,433		23.	7,928
	4	75,544	59,738	24.	6,373
	10	48,237		25.	5,825
18.	8	56,028		26.	5,326
	12	48,309	47,850	27.	4,069
	6	39,213		28.	2,817
19.	10	46,649		29.	2,836
	2	31,744	40,163	30.	2,280
	6	42,095			

Digitized by Google

Schlammführung einiger Zuflüsse.

September	Name	Kilogramm in 1 Kubikmeter Wasser
17.	Reischachbach bei Bruneck	104,926
17.	Mühlgraben unterhalb Lorenzen	145.107
23.	„ „ „	8,010
24.	Taufererbach	0,298

Die Thatsache, daß in den ersteren drei Tagen die Rienz augenblicklich oft höher ging und noch dickflüssiger wurde, erklärte sich hinterher aus den unglaublichen Verwüstungen, welche die Hochfluth im Hauptthale und dessen Zuzügen anrichtete. Ab und zu verklausten sich die entfesselten Gießbäche, und plötzlich brach dann ein mit Bäumen, Holz und Schutt überladener, ungeheurer Wasserschwall, die Stein-Muhre, hervor. Ganze Bergvorsprünge und schuttreiche Lehnen sanken und zerflossen in der unbändigen, Alles überwirbelnden und verschlingenden Fluth. Die schmächtigsten Rinnsale bahnten sich, zu Wildbächen angewachsen, im tiefgründigen Ackerlande die nächstbesten Abflußwege und wühlten hierbei klaftertiefe und vielverzweigte Runsen auf. Mitten in den Wiesen und Feldern an den Berghängen schossen nicht selten an sonst bloß naßgalligen Stellen eruptionsartig die Wässer hervor und räumten in kürzester Frist breite Streifen Kulturboden bis an die felsige Unterlage ab.

Derartige Zwischenfälle, welche vereinzelt unbeachtet geblieben wären, allein in der Lauflänge der Rienz mit ihren Zuflüssen sich häuften, erklären die zeitweilige, oft ganz kolossale Schlammführung mit zunehmendem Wasserandrang. An der Flußsohle knirschte und polterte das Geschiebe.

Welche Bodenmassen die Rienz zu transportiren hatte, mag folgender Erhebung entnommen werden.

Baudirektor *Prenninger* von der Südbahn, deren überaus hart betroffene Linien im Drau-, Rienz- und Etschthale jeder Beschreibung spotteten, berechnete das abgetragene Material einer einzigen Dammabrutschung zwischen Olang und Bruneck mit mehr als 200 000 Kubikmeter. Für die 61 Kilometer lange Strecke von Toblach bis Franzensveste, übereinstimmend mit dem Flußlauf der Rienz vom Ursprung bis

Digitized by Google

zur Einmündung in den Eisack, wurde eine Kubatur von rund 500000 Kubikmeter Material veranschlagt, wobei zu bemerken wäre, daß die ungleich günstigere Terrainbeschaffenheit zwischen Bruneck und Franzensveste keine so wesentlichen Beschädigungen vorkommen ließ. Das vorgenannte Ausmaß entfällt sonach fast ausschließlich auf die 30 Kilometer lange Strecke zwischen Toblach und Bruneck, wo die Bahn meistentheils als Lehnenbau geführt und im Gehängeschutt eingeschnitten ist. Diese halbe Million Kubikmeter abgebrochenes und fortgeschwemmtes Material repräsentirt in völlig wasserfreiem Zustande bei einer Dichte von 2,5 ein Gewicht von 1250 Millionen Kilogramm. Die beiden berüchtigten Wildbäche, der Sylvesterbach bei Toblach und der Gsieserbach bei Welsberg, konnten aber jeder für sich aus ihren weitgedehnten Sammelgebieten mindestens die gleiche Masse der Rienz zuwerfen.

Harmlose Wasserrinnen, welche in normaler Zeit nothdürftig eine oberschlächtige Bauernmühle treiben, verwandelten sich in reißende Ströme. Solche Zuflüsse, wie der Lorenzen- und Reischachbach bei Bruneck, waren breiartig verdickt. Die kostbarsten Feldgüter wurden eine Beute des fessellosen Elementes.

Die geringe Trübung des wasserreichen Taufererbaches, welcher im Gletscherrevier der Dreiherrenspitze am Hauptkamme der Centralkette entspringt und auf seinem langen Laufe durch das Ahren- und Taufererthal zahlreiche, nichts weniger als muhrenfreie Nebenbäche aus zumeist begletscherten Sammelgebieten aufnimmt, erklärt sich aus dem Umstande, daß wohl noch das Taufererthal, weniger das gegen Nordost abbiegende Ahrenthal, als Fortsetzung des ersteren, von den Regenwinden bestrichen wurde. Gegen den Krimmler Tauern hin fiel, wie die Schafhirten beim Abtrieb der Herden versicherten, kaum knöcheltiefer Schnee. Dagegen wurden in der unteren Thalstrecke zwischen Taufers und Bruneck die Wildbäche lebendig und richteten nicht unbedeutende Verheerungen an. Der Wasserstand des Taufererbaches, welcher bei Stegen nächst Bruneck der Rienz zugeht, war wohl höher als sonst, führte aber auch in der kritischen Zeit keine so ungewöhnlichen Trübungen. Die Katastrophe der Umgebung von Bruneck wäre hochgradig verschärft worden, wenn auch das Ahrenthal, welches glücklicherweise zum größten Theile bereits außerhalb des Regenbereiches lag, seine grauenvolle Leistungsfähigkeit bethätigt hätte; denn solche Verwüstungen, wie selbe das schreckliche Elementarereigniß im August

Digitized by Google

des Jahres 1878 anrichtete, kann sich selbst die ausschweifendste Phantasie nicht ausmalen.

Da mir bekannt war, daß der Alpenverein seiner Zeit im Ahrenthal zwei Regenstationen ins Werk setzte, machte ich mich auf den Weg dahin, in der gespannten Erwartung, ob sich die Abnahme der Regenmenge von Taufers bis in den Hintergrund des Hochthales ziffermäßig nachweisen lasse. Schon in Steinhaus wurde mir eröffnet, daß die Beobachtungen höchst unregelmäßig oder gar nicht gemacht werden, und so kehrte ich unverrichteter Dinge wieder um, neuerdings in der Ueberzeugung bestärkt, daß gegenüber der landläufigen Indolenz selbst die besten Intentionen zu Schanden werden.

Es ist überhaupt nicht leicht, sich ein zutreffendes Urtheil über die im Quellenbezirke der Rienz gefallene Regenmenge zu bilden. Erstlich bestehen für das gesammte Niederschlagsgebiet im Ausmaße von 2240 Quadratkilometer bloß drei Regenstationen, und dann war im Banne der Schreckenstage eine genaue und pünktliche Messung kaum zu gewärtigen. Fernerhin gestatten die Angaben der Thalstationen keinen sicheren Schluß auf die durchschnittliche Regenhöhe. Die Gruppirung und Richtung der Bergzüge beeinflußt in hohem Grade den Niederschlag. Der eine Wildbach brachte viel, der andere hingegen unter scheinbar gleichen Verhältnissen wenig Wasser. Aufzeichnungen der Niederschläge in höheren Lagen und in den hintersten Thalstufen fehlen gänzlich. Der Thatsache, daß die Hochregion vor Beginn der Regengüsse mit Schnee bedeckt war, wird meines Erachtens eine übertriebene Bedeutung beigelegt. Die Schneehöhe selbst hat Niemand gemessen, und auf vulgäre Schätzungen darf man kein Gewicht legen. Selbst eine fußhohe Schneelage mit darauf einfallendem Regen kann nicht jene durchschlagende Wirkung hervorbringen, welche gewöhnlich herangezogen wird, um durch Verdoppelung des Effektes für die zuschwellende Wasserfülle eine plausible Erklärung zu finden. Einzig und allein entscheidend war das luvseitige Verhalten breiter Gebirgsflanken zur herrschenden Luftströmung.

Die Vertheilung des Luftdruckes läßt bei Betrachtung der bezüglichen Wetterkarten nicht entfernt die Vorgänge vermuthen, welche sich mittlerweile in den südlichen Alpen abspielten, auch wenn man zugiebt, daß die Situation nicht so einfach lag. Es wehten thal- und gegendweise Süd- und Südostwinde. Intensive Niederschläge stellten sich zunächst

Digitized by Google

im Süden ein und überzogen allmälig das ganze Alpenrevier bis zum Centralkamme. Wahrhaft phänomenal waren die Niederschläge im Süden. Die folgende Tabelle enthält eine Uebersicht der Septemberregen am Südfuß der Alpen, von Istrien an westwärts längs des Alpenwalles bis zu den grajschen und cottischen Alpen.

Regenhöhe im September 1882
am Südfuß der Alpen.

Stationen	Länder	Millimeter
Fiume	Oesterreich-Ungarn	472
Pola		210
Leme		331
Triest		250
Monfalcone		271
Görz		345
Auronzo	Norditalien	485
Belluno		495
Pordenone		633
Assiago		617
Schio		692
Vicenza		844
Bergamo		340
Como		649
Milano		334
Domodossola		473
Canobbio		858
Varallo		746
Oropa		633

Ein Blick auf die Karte belehrt über die Rolle, welche Friaul, Venezien, Lombardei und Piemont gleichsam als Sackgasse der dampfreichen Luftströmung zwischen Alpen und Apenninen spielten, sowie über die kondensirende Funktion der Gebirge. In den lepontinischen, penninischen und grajschen Alpen steigerte sich die Regenmenge bis zu 1200 Millimeter. Die eigentlichen Regenherde bildeten sich in den norditalienischen Provinzen aus. Südtyrol, Kärnten und Krain lagen schon in der Peripherie dieser Regenzone. Nur die grenznachbarlichen Distrikte weisen noch eine größere Intensität auf. Jenseits der julischen Alpen im Osten erscheinen die Regenmengen schon ziemlich abgeschwächt und verringern sich zusehends weiterhin gegen die Save und Kulpa.

Digitized by Google

Septemberregen in den österreichischen Alpenländern.

Stationen	Millimeter	Stationen	Millimeter
Südtyrol		**Kärnten**	
Paneveggio	466	Ober-Drauburg	400
Predazzo	466	Saifnitz	355
Trient	439	Bleiberg	352
Lorenzo	431	Tröpolach	339
Ala	430	Berg	292
Malè	428	Arnoldstein	248
San Michele	421	Möllbruck	223
Roveredo	420	Sachsenburg	206
Pejo	395	Reichenau	183
Faedo	391	Hoch-Obir	172
Coredo	374	Klagenfurt	152
Riva	373	Zwischenwässern	147
Wälschnoven	346		
Cavalese	319	**Krain**	
Bozen	266	Veldes	352
Brixen	202	Gottschee	285
		Krainburg	275
Kärnten		Rudolfswerth	246
Cornat	482	Laibach	215
Raibl	441		

Die Regenmenge nimmt, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, gegen Osten und mit der Entfernung vom italienischen Grenzgebiet erheblich ab. Im Drauthale, wo doch die Hochwässer so verheerend auftraten, sind die Niederschläge verhältnißmäßig gering und vermehren sich auch nicht jenseits der Wasserscheide im Rienzthale.

Sommer- und Herbstregen im Flussgebiet der Rienz.

Millimeter.

Stationen	Seehöhe Meter	Juni	Juli	August	September	Oktober	Jahr	Juni, Juli und August in Procenten der Jahressumme
Toblach	1252	139	93	—	285	—	—	—
Bruneck	825	123	113	120	242	153	1037	34,3
Taufers	885	114	138	154	238	132	1075	37,8
Brixen	570	122	85	110	201	149	936	33,9

Toblach und Brixen bezeichnen die Endpunkte des Rienzthales. Taufers liegt zwischen Mühlen und Sand im gleichnamigen Thale, welches rechts in das Rainthal, links in das Ahrenthal sich gabelt und für die Regenverhältnisse dieses Abschnittes wichtig ist. Leider wurde in Tau-

Digitized by Google

fers wie in Bruneck die Regenmenge nicht Tag für Tag verzeichnet. Tägliche Regenmessungen stehen nur aus Toblach zu Gebote, geben aber für das obere Rienzthal ein vollständiges Bild der Regenvertheilung.

Regenfall in Toblach.
Millimeter.

September	Regen	September	Regen	September	Regen
1.	2	11.	1	21.	3
2.	—	12.	16	22.	4
3.	—	13.	31	23.	—
4.	—	14.	7	24.	2
5.	3	15.	38	25.	1
6.	5	16.	50	26.	3
7.	3	17.	48	27.	8
8.	1	18.	42	28.	2
9.	—	19.	10	29.	—
10.	—	20.	5	30.	—

Die eigentliche, fast ununterbrochene Regenperiode begann am 12. und endete am 22. September. In Bruneck stellte sich das Hochwasser bereits am 15. September ein.

Wenn ich es nun unternehme, nach den gegebenen Anhaltspunkten die in der Zeit vom 16. bis 30. September abgeflossene Wassermasse annäherungsweise in Ziffern auszudrücken, hauptsächlich zum Zwecke einer Kalkulation der transportirten Schlammmenge, so muß ich gestehen, daß ich hiebei, zumal mir hydrotechnische Spekulationen weniger geläufig sind, um so mehr die große Unsicherheit empfinde, welche überhaupt noch auf hydraulischem Gebiete herrscht. Jeder Flußlauf richtet sich nach besonderen Regeln und muß daher als Individuum examinirt werden. Die Schwierigkeiten, selbst für normale Verhältnisse eine allgemein gültige Formel der Wasserbewegung, deren Gesetzmäßigkeit man dermalen noch nicht vollständig genug kennt, aufzustellen, häufen sich in so extremen Fällen einer Hochfluth mit Wildbachcharakter ganz außerordentlich. Die impetuose, sprunghafte Wasserbewegung in einem Wildbache wirft jede noch so gründlich abgewogene Formel über den Haufen.

Jene Strecke der Rienz, welche zur Berechnung herangezogen werden konnte, bot überdies eine Reihe von störenden Nebenumständen dar, wie unter Anderem die Krümmung des Flußbettes zwischen den beiden Brücken,

Digitized by Google

ferner den Bestand eines Ueberfalles kurz unterhalb der ärarischen Brücke nebst zwei Durchlaßöffnungen an der rechtsseitigen Brückenrampe. Der Ueberfall scheint nicht lange Stand gehalten zu haben, und die Durchlässe verstopften sich bald mit Anschwemmungen. Die wechselnde Ablagerung von Geschiebe an der Brücke verursachte bemerkbare Schwankungen im Wasserstande. Die Flußbettsohle erfuhr aber erst durch das Hochwasser im Oktober eine stärkere Hebung durch Aufschotterung. Der durch das bedeutende Gefälle in enger Passage erhöhte rollende Wogengang verlangt eine entsprechende Reduktion der Weglänge an der Oberfläche. Auf die Geschwindigkeit des Wassers übte weiterhin der massenhafte Transport von schwimmendem Holzmaterial, womit die Oberfläche oft förmlich bedeckt war, einen nicht geringen Einfluß aus. Und in welchem Grade endlich wurde überhaupt die Geschwindigkeit des Wassers zu Folge der unglaublichen Schlammladung und der mächtigen Schotterabfuhr retardirt?

Herr Forstmeister *Förster* in Gmunden, ein auf hydrotechnischem Gebiete sehr bewanderter Fachmann und insbesonders vertraut mit den Eigenthümlichkeiten der Gebirgswässer, hatte die dankenswerthe Güte, auf Grundlage meiner Angaben unter Beachtung der besonderen Verhältnisse die Wasserberechnungen auszuführen, welchen gegenüber meinem rohen Ueberschlag eine größere Wahrscheinlichkeit innewohnt.

Die nach *Kutter*'s Formel aus dem Gefälle berechnete Geschwindigkeit eines geschiebeführenden Baches stimmt sehr gut mit der von mir beobachteten Geschwindigkeit an der Wasseroberfläche überein, wofern man bei letzterer die von *Brünnings* aufgestellte Korrektur anbringt.

Die folgende Tabelle enthält nach vier Zeitabschnitten eine approximative Zusammenstellung der innerhalb fünfzehn Tagen durch die Rienz bei Bruneck abgeführten Wasser- und Schlammmengen.

Wasser- und Schlammabfuhr der Rienz im Profil der ärarischen Brücke in Bruneck.

Zeitabschnitt	September 1882	Dauer in Tagen	Abgeflossenes Wasserquantum in cbm. Durchschnittl. Tagesquantum	Total	Transportirtes Schlammquantum. Kilogramm	Wasserfrei. Kubikmeter. Dichte 2,5
1.	16. bis 19.	4	25,590,816	102,363,264	4905,247,611	1,962,099
2.	20. » 22.	3	19,619,712	58,859,136	684,590,611	273,836
3.	23. » 26.	4	11,054,880	44,219,520	281,368,806	112,548
4.	27. » 30.	4	8,585,568	34,342,272	103,061,158	41,225
			Summe	239,784,192	5974,268,186	2,389,708

Digitized by Google

Da die Rienz bereits einige Tage vor Beginn meiner Beobachtungen viel schlammiges Wasser führte, bedürfen die vorstehenden Quantitäten für die erste Ueberschwemmung einer entsprechenden Ergänzung, wozu noch kommt, daß in den regnerischen Oktober hinein die Wasserstände der Rienz eine das gewöhnliche Maß übersteigende Höhe einhielten und zu Ende Oktober die zweite, ebenso bedrohliche Hochfluth hereinbrach, welcher im September und Oktober des vorigen Jahres eine dritte, folgenschwere Katastrophe folgte.

Die in der zweiten Septemberhälfte 1882 abgetragene Schlammmenge würde ausgebreitet allein eine Fläche von 717 Hektar mit reichlich einen Schuh mächtiger, fruchtbarer Bodenkrume bedecken.

Man kann aus dieser Ziffer für die bloß 30 Kilometer lange Strecke zwischen Toblach und Bruneck ungefähr ermessen, welch' kolossale Massen Erdreich aus dem gesammten umfänglichen Inundationsgebiet von Tyrol und Kärnten dem adriatischen und schwarzen Meer zu wiederholten Malen zugeflößt wurden und welch' unberechenbare Bodenwerthe den ohnehin so mühsam zur Kultur gebrachten Alpenländern unwiederbringlich verloren gehen.

Zur Berechnung des transportirten Gerölles fehlen alle Anhaltspunkte. Anschüttungen erfolgten bereits in den nicht selten beckenartigen Ausweitungen im Thalwege der Rienz. Die Schotterführung dieses Flusses hat das Eisackbett in Brixen um gewiß zwei Meter erhöht. Im Thalkessel von Brixen lagert ein beträchtlicher Theil des durch die Rienz herbeigeschleppten gröberen Materiales.

In Brixen an der Einmündung der Rienz in den Eisack, welcher sich diesmal weniger ungeberdig benahm, hätte sich eine schöne Gelegenheit geboten, die Wassermassen des ersteren Flusses zu bestimmen und daraus die Konsumtion, nämlich das Verhältniß zwischen Regen- und Abflußmenge abzuleiten, um zugleich eine Kontrole nach beiden Beobachtungsrichtungen hin zu gewinnen.

Die Ausscheidung des Niederschlagsgebietes für den oberen Abschnitt bis Bruneck ist schwer durchführbar. Hinwieder lassen sich die Abflußmengen des Tauferer- und Gaderbaches, sowie des Lasankenbaches bei Brixen und der übrigen dazwischen liegenden kleineren Zuflüsse der Rienz ohne irgend welche Beobachtung gar nicht abschätzen. Der Taufererbach artete zwar nicht in heftige Schwellung aus, aber die Gader, welche ein sehr verzweigtes, tief in die Dolomiten eindringendes Flußnetz im Rau- und Abteithal aufweist, wälzte aus Enneberg gewaltige Fluthen heraus.

Digitized by Google

Veranschlagt man die mittlere Regenhöhe im September mit 250 Millimeter, so erhält man für das Niederschlagsgebiet der Rienz im Ausmaße von 2240 Quadratkilometer 560 Millionen Kubikmeter Wasser.

Unter gewöhnlichen Umständen nimmt man bei Gebirgsflüssen, welche im Unterlaufe größere Ebenen durchsetzen, etwa die Hälfte des Niederschlages als Abflußmenge an. Nach andauerndem Regen und noch innerhalb des Gebirgszwingers kann der Procentsatz eine ansehnliche Steigerung erfahren. Die Abflußmenge wird modificirt durch das Flußregime, nämlich durch den allgemeinen Charakter eines Flusses, welcher aus dem Zusammenwirken einer Reihe physischer Faktoren hervorgeht, von welchen der Vegetationsdecke und den Kulturverhältnissen des Gebietes nicht die letzte Rolle zufällt.

Konsumtion einiger Alpenflüsse nach *Pralle*.

	Procente		Procente
Etsch	50	Tagliamento	60
Po	59	Bacchiglione	70
Isonzo	60	Brenta	80

Diese Flüsse, welche aus den Alpen dem adriatischen Meer zuströmen, büßen um so weniger Wasser ein, je rascher sie ihre Mündung gewinnen und je kürzer der Weg durch die Ebene ist.

In Anbetracht, daß der Boden bereits vor Eintritt der Regenperiode im September durchfeuchtet war, ist die Annahme einer Konsumtion von 80 Procent auch für die Rienz zulässig.

Von dem mit 560 Millionen Kubikmeter berechneten Niederschlage passirten 240 Millionen während der zweiten Septemberhälfte das Profil in Bruneck. Es verblieben sonach bei einer Konsumtion von 80 Procent noch 208 Millionen, welche auf den Beginn des Hochwassers in Bruneck und auf die sonstigen totalen Wasserzugänge zwischen Bruneck und Brixen zu vertheilen wären. Solche Berechnungen fußen auf sehr dehnbarer Grundlage. Zunächst läßt sich das wirkliche Niederschlagsgebiet nicht so genau abgrenzen, und sodann entpricht die gemessene Regenhöhe gewiß nicht dem Mittel aller Lagen. Ein Abgang von 1 cm Regenhöhe involvirt aber für das gesammte Niederschlagsgebiet schon einen Ausfall von 22,4 Millionen Kubikmeter Wasser.

Im Anschlusse an die obige Bemerkung wäre wohl Veranlassung gegeben, die Lückenhaftigkeit des meteorologischen Netzes in den Alpen-

Digitized by Google

ländern, insbesonders den Mangel von Regenstationen in den höheren Lagen, welche doch nicht selten bis nahe an die Baumgrenze besiedelt sind, einer sach- und zeitgemäßen Erörterung zu unterziehen, ginge diese Abschweifung nicht zu weit über den Rahmen des behandelten Gegenstandes hinaus. Die Unzulänglichkeit und Dürftigkeit der einfachsten meteorologischen Beobachtungen wird noch übertroffen von der öden Brache des hydrologischen und hydrographischen Arbeitsfeldes.

Es dürfte zuletzt am Platze sein, über das plötzliche und heftige Auftreten der Wildwässer eine kurze Diskussion beizufügen, um der allgemein verbreiteten Anschauung zu begegnen, als ob in der That die Niederschläge allein die Katastrophe verschuldet hätten. Alle Milderungsgründe, welche die Naturbeschaffenheit des Gebietes nahe legt, sollen ihre Geltung behalten. Diese Ungunst der physischen Verhältnisse trifft aber sogar noch schärfer in anderen, gleicherweise überregneten Gegenden zu. Abgesehen von Norditalien und Südtyrol verzeichnete man auch in Kärnten erheblich größere Regenmengen als im Pusterthal, und doch wurde gerade letzterer Landstrich so hart mitgenommen.

Eingangs wurde erwähnt, daß während der Monate Juni, Juli und August in der Nordzone der Alpen bedeutende Niederschläge fielen, ohne daß es zu einer Wassersnoth gekommen wäre, welche man auch nur entfernt in Parallele zu derjenigen im Pusterthal bringen könnte.

Die folgende Tabelle enthält eine Uebersicht der bezüglichen Regenmengen längs des Alpensaumes von Wien bis Bregenz.

Niederschläge in der Randzone der Nordalpen.

Millimeter.

Stationen	Land	Seehöhe Meter	Juni	Juli	August	September	Oktober	Jahr
Wien	Niederösterreich	203	29	182	90	38	71	681
Hadersdorf	»	230	41	270	139	53	73	903
Reichenau	»	494	54	149	110	69	50	651
Krems	»	220	64	120	68	30	59	516
Linz	Oberösterreich	261	78	125	130	72	68	849
Windischgarsten .	»	603	155	274	249	81	129	1586
Kremsmünster . .	»	384	106	237	164	69	89	1116
Ischl	»	467	186	353	306	85	104	1767
Salzburg	Salzburg	436	145	224	289	117	95	1394
Zell am See . . .	»	745	141	180	198	55	132	1084

Digitized by Google

Stationen	Land	Seehöhe Meter	Juni	Juli	August	September	Oktober	Jahr
Innsbruck	Nordtyrol	599	114	96	121	56	83	767
Landeck	»	759	98	81	111	95	97	735
Bludenz	Vorarlberg	580	183	167	216	122	145	1278
Feldkirch	»	455	166	127	151	139	143	1130
Bregenz	»	410	255	279	176	220	138	1588

Greifen wir vier Stationen, welche nicht durch vorliegende Gebirge mehr oder weniger in Regenschatten gestellt waren, nämlich Windischgarsten, Kremsmünster, Ischl und Salzburg heraus und vergleichen wir damit die Niederschläge im Rienzthal.

Mittlere Monatssummen.

Millimeter.

	Stationen	Juni	Juli	August	September	Zusammen
Nordalpen	4	148	272	252	88	760
Rienzthal	4	125	107	128	242	602
Rienzthal ±		— 23	— 165	— 124	+ 154	— 158

In den Nordalpen war die Regenmenge während der Monate Juni, Juli und August bedeutend größer als zu gleicher Zeit im Rienzthal und übertraf sogar im Juli und August die so berüchtigten Septemberregen im Pusterthal. Auch die Intensität in den einzelnen Abschnitten, worauf es bei Inundationen hauptsächlich ankommt, war beträchtlich. Und trotz der ausgiebigen Dauerregen blieb jegliche Kalamität abgewendet. Im Pusterthal hätten die Regengüsse der Nordalpen bereits im August die schrecklichsten Folgen nach sich gezogen.

Das ganze Unheil der Alpenländer wurde durch eine unvernünftige Raubwirthschaft in Wald und Weide heraufbeschworen und gezeitigt. Für das labile Gleichgewicht der arg zerrütteten Naturverfassung hätte auch ein schwächerer Anstoß genügt.

Die Mißhandlung des Waldes ist in Tyrol eine althergebrachte Uebung. Von jeher besteht der grimme Kampf um den Wald und wurde

Digitized by Google

jedesmal zu Gunsten seines Erbfeindes entschieden. Die schlimmste Zeit für diesen Schmuck und Schutz der Bergwelt brach aber vor einem Vierteljahrhundert an, und seit diesem traurigen Wendepunkt schlug der Kampf um den Wald in einen Kampf gegen den Wald um. Mit der Auslieferung des Waldes an die begehrlichen Bauern nach der unglücklichen Schlacht bei Solferino und mit der Durchschienung von Kärnten und Tyrol war das Signal zur unsinnigen Waldverwüstung gegeben. Dazu gesellte sich eine maßlose Ausbeutung der Alpenweiden und Bergmähder zum Vortheile der durch steigende Marktpreise sich immer rentabler gestaltenden Viehzucht.

Die Waldfrage ist namentlich in Tyrol eine Lebensfrage für Land und Leute geworden. Tyrol und Vorarlberg unterstehen zwar einer und derselben Landesregierung, allein der Unterschied in Waldschutz und Ziegenpolizei dies- und jenseits des Arlberges springt in allen seinen Konsequenzen scharf in die Augen, mag man wo immer einen Grenzpaß überschreiten. Auch in Kärnten hat man nachgerade den Ernst der Situation in strenger Durchführung der gebotenen Maßregeln erfaßt. Für Tyrol findet jedoch das Forstgesetz eine so milde praktische Auslegung, daß sich der Bauer fast als unumschränkter Herr des Waldes geberden kann. So gedieh der Waldjammer zum chronischen Verhängniß.

Durch die stetig sich erneuernden Ueberfluthungen nichts weniger als gemahnt, brachte im vorigen Jahre anläßlich des Schützenfestes in Innsbruck eine Bauerndeputation in autochthoner Unverfrorenheit ein ganz ungeheuerliches Wald- und Ziegenanliegen vor.

Wer das Pusterthal einmal befahren, wird erstaunt gewesen sein über den massenhaften Holztransport auf der Südbahn, sowie über die zahlreichen, meist großartigen Brettersägen im Drau- und Rienzthal. Die Ueberschwemmung von 1882 hatte wohl gründlich mit diesen Holzveredlungsanstalten auch in den Seitenthälern aufgeräumt, aber phönixartig erstanden sie alsbald aus dem Schutte und entwickelten eine um so regere Thätigkeit. Das größte Unglück für das Pusterthal, überhaupt für Tyrol, ist der wälsche Holzspekulant mit seiner verständnißinnigen Feinfühligkeit für die finanzielle Bedrängniß der etwas üppig sich gehabenden Bauernschaft. Der wälsche Waldverderber setzt, nachdem es jenseits der Grenzpfähle nichts mehr zu verwüsten giebt, im Nachbarlande das Vernichtungswerk mit viel Geschick und Vortheil beharrlich fort.

Digitized by Google

Ueber alle diese desolaten Zustände ist schon so viel geschrieben worden, daß man damit ganze Schränke füllen könnte, aber bis zur Stunde hatten diese patriotischen Bemühungen keinen greifbaren Erfolg.

Ist es nun mit der Waldwirthschaft in Tyrol, insofern es nicht Staats- und Fondsforste betrifft, überhaupt schlecht bestellt, so sieht es oberhalb der Baumgrenze in jener Region, auf deren weiten Räumen der Bauer unterschiedliches Vieh sömmert, womöglich noch kläglicher aus. Freilich entzieht sich diese Mißwirthschaft viel leichter als der Wald dem forschendem Blick. In dieser, auf alle mögliche Weise schmählich geschundenen Hochregion entspringen, hervorgerufen durch Hochwetter mit Hagelschlag, welcher in den häufigsten Fällen eine Folge des abgeholzten Waldgürtels ist, außerdem begünstigt durch die weiche Schieferhülle der Bergflanken, die unbändigsten Wildbäche und gelangen bereits überladen mit Schutt und Schlamm in die Waldregion, welche, weil devastirt, schon beim ersten Anpralle nachgiebt. Die mit Glacial- und Gehängeschutt überlagerten Lehnen liefern weitere Zuschüsse. Der wuchtigen Stoß- und Schlagkraft einer solchen, noch mit Holzmassen befrachteten Wasserfluth ist das Flußthal mit seinen beweglichen Uferrändern widerstandslos preisgegeben.

Die in Angriff genommenen Schutz- und Regulirungsbauten an den Wildbächen und Flüssen können sich erst dann in vollem Umfange behaupten, wenn in der Hoch- und Waldregion der unabweisbare Wandel geschaffen und so viel als möglich der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt ist. Nur mit diesem Schlußring in der Kette der Maßnahmen kann der gänzliche Ruin des Gebirges aufgehalten werden.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

J. Hann. **Ueber den Einfluß des Waldes auf die klimatische Temperatur.** Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. Heft 9. S. 412.

In einer größeren Abhandlung: „Die Temperaturverhältnisse der österr. Alpenländer" hat Verf. Gelegenheit gehabt, verschiedenartige Lokaleinflüsse auf die Temperaturbestimmungen zu konstatiren. Ebenso wie über den Einfluß der Städte auf die Lufttemperatur[1]) beabsichtigt Verf. in vorliegender kleinen Studie über den Einfluß des Wiener Waldes auf die Luftwärme die Ergebnisse der betreffenden Zusammenstellungen zu reproduciren.

Die Temperatur in der Umgebung von Wien im freien Lande außerhalb des Waldgebietes zeigen folgende Orte mit längeren Beobachtungsreihen. Die Mittel sind sämmtlich auf die Periode 1851/80 reducirt, sowie auf die gleiche Seehöhe von 200 m.

	Jan.	April	Juli	Okt.	Jahr
Hohe Warte	−1,4	9,6	19,9	10,1	9,3
Neue Sternwarte	−1,5	9,5	19,8	10,1	9,2
Mödling	−1,1	9,8	20,2	10,4	9,6
Perchtolsdorf	−1,2	9,6	20,5	10,4	9,6

Diese 4 Orte repräsentiren: die beiden ersten die kühleren Lagen, die zwei letzteren die wärmeren Lagen in der nächsten Umgebung von Wien im Freilande. Nimmt man die Mittel dieser Temperaturen, so darf man dieselben für die Umgebung von Wien im Allgemeinen gelten lassen.

Zum Vergleich zieht Verf. die Beobachtungen der Station Hadersdorf heran, welches nur 11 km von dem jetzigen meteorologischen Observatorium auf der hohen Warte entfernt liegt und in vollkommen verläßlicher Weise die Wärmeverhältnisse in den Thälern des Wiener Waldes, in denen der Wald bis zur Thalsole herabreicht, repräsentirt. Der Höhenunterschied zwischen Hadersdorf und der hohen Warte beträgt nur 28 m, ist also in Bezug auf den Temperaturunterschied fast zu vernachlässigen (mittlere Korrektion ca. 0,14° C.). Die Thermometer der meteorologischen Centralanstalt sind im Nordschatten des Institutsgebäudes in einem Jalousiehäuschen aufgestellt, jene in Hadersdorf in einer Blechbeschirmung vor einem Nordfenster. Daß dieser Unterschied der Aufstellung keinen merklichen Einfluß auf die damit erlangten Mitteltemperaturen hat, bezeugt die große Uebereinstimmung der Temperaturmittel jener Stationen in der Umgebung von Wien, welche ähnliche Lage haben.

Es ergiebt sich daher folgender Vergleich der Temperatur innerhalb und außerhalb des Wiener Waldes in 200 m Seehöhe.

	Jan.	April	Juli	Okt.	Jahr.
A. Freiland: warme Lage:	−1,2	9,7	20,3	10,4	9,6
B. „ kühlere Lage:	−1,4	9,6	19,9	10,1	9,3
C. Wiener Wald: kühle Lage:	−0,9	8,7	18,6	9,3	8,4
C — B.	−0,5	−0,9	−1,3	−0,8	−0,9

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 157.

Digitized by Google

Es ergiebt sich hieraus, daß die Waldthäler des Wiener Waldes eine sehr erheblich niedrigere Temperatur haben als das freie Land am Rande desselben. Wie zu erwarten, ist der Einfluß im Winter am kleinsten, im Sommer am größten (Waldbestand: reiner Buchenwald). Man würde aber irren, wenn man daraus schließen wollte, daß die Temperaturdifferenz auch im täglichen Gange in analoger Weise am Nachmittage am größten sei. Dies ist nicht der Fall, wie folgende Differenzen zeigen.

Hadersdorf — Hohe Warte 1875/84. Grade Celsius.

	7 U.	2 U.	9 U.		7 U.	2 U.	9 U.
Oktober	−0,8	−0,1	−1,3	April	−0,9	−0,4	−1,5
November	−0,7	−0,1	−0,9	Mai	−1,2	−0,2	−2,0
December	−1,0	0,0	−0,6	Juni	−1,2	−0,1	−2,2
Januar	−0,6	0,1	−0,7	Juli	−1,0	−0,3	−2,5
Februar	−0,8	−0,1	−1,1	August	−1,1	−0,3	−2,3
März	−1,1	−0,3	−1,5	September	−1,1	−0,4	−1,9.

Am geringsten ist der Temperaturunterschied in den wärmeren Stunden des Tages, am größten in den kälteren. Abends und am frühen Morgen ist der Einfluß des Waldes auf die Erniedrigung der Lufttemperatur am größten. Es stimmt dies völlig mit den unmittelbaren Eindrücken, die man von einem Aufenthalt in einem Waldthale empfängt. Um die Mittags- und Nachmittagsstunden spürt man am wenigsten von einer Abkühlung der Luft durch die umgebenden Wälder, am Abend und am frühen Morgen macht sie sich dagegen sehr empfindlich fühlbar. Die Thaubildung ist in den Thälern des Wiener Waldes während des Sommers eine sehr reichliche und die nasse Kühle wird Abends nach Sonnenuntergang sehr unangenehm empfunden. Die Temperaturdifferenzen um 7 U. Morgens sind deshalb auch im Sommer viel kleiner als jene um 9 U. Abends; jener Termin steht bloß 5 Stunden von Mittag ab, dieser 9 Stunden. Die Temperaturdifferenzen Wien, alte Sternwarte, gegen hohe Warte zeigten eine ganz analoge Erscheinung; sie waren Morgens und Abends am größten, Nachmittags 2 U. am kleinsten.

Für die Jahreszeiten stellen sich die Temperaturdifferenzen wie folgt. Die Temperatur ist in Hadersdorf niedriger als auf der hohen Warte:

	7 U. Vorm.	2 U. Nachm.	9 U. Abends.
Winter	0,8	0,0	0,8
Frühling	1,1	0,3	1,7
Sommer	1,1	0,2	2,3
Herbst	0,9	0,3	1,4
Mittel:	1,0	0,2	1,6. *E. W.*

L. Anderlind. **Ueber den Einfluß der Gebirgswaldungen im nördlichen Palästina auf die Vermehrung der wässrigen Niederschläge daselbst.** Zeitschrift des deutschen Palästinavereins. VIII. S. 101 und „Der Naturforscher" 1886. Nr. 14. S. 155.

Der Verf. theilt zunächst die nach zehnjährigen Erhebungen zwischen 1869 und 1878 ermittelten Jahresdurchschnitte für den Regenfall in Jerusalem und Nazareth mit: ersteres hat 57,0 cm, letzteres 61,2 cm, also dieses 4,2 cm = 7,3% mehr. — Da aber Jerusalem im Mittel etwa 500 m höher liegt als Nazareth (266 m), so

Digitized by Google

bedürfen diese Zahlen, um direkt vergleichbar zu werden, einer Korrektion, zu welcher uns Verf. durch die Angabe, daß in Jerusalem in einer 5jährigen Beobachtungszeit 11 cm mehr Regen jährlich gefallen sei als in der nordwestlich am Meer gelegenen Stadt Jafa, eine immerhin brauchbare Basis giebt. Darnach würde in dortiger Gegend ein Unterschied von 100 m absoluter Erhebung einen um 1,4 cm stärkeren Regenfall verursachen und sollte demgemäß Jerusalem gegenüber von Nazareth 7,1 cm mehr haben, während es 4,2 weniger hat, so daß die wirkliche Differenz 11,3 cm = 20% betragen würde.

Nun giebt Verf. ausführliche Darstellungen über die Bewaldung in den näheren und ferneren Umgebungen beider Städte und zeigt, daß Jerusalem auf 45—75 km Entfernung eigentlich gar keinen Wald hat. Dagegen ist das 103 km nördlich von Jerusalem gelegene Nazareth „fast auf allen Seiten von ansehnlichen, zum Theil vollkommenen Waldungen umgeben", welche bis auf 3 km Entfernung an dasselbe heranrücken und einen doppelten Kranz darum bilden.

Die Bestockung wird vorherrschend aus Laubholz gebildet, aus verschiedenen, theils immergrünen Straucharten und den beiden Eichenarten, der wintergrünen Kermes- (Quercus coccifera L.) und der sommergrünen Knopperneiche (Quercus aegilops L.), wozu noch der wilde Johannisbrodbaum (Ceratonia siliqua) kommt.

Der Verf. anerkennt selbst die Schwierigkeit einer genaueren Bestimmung des Bewaldungsprocentes, da Detailvermessungen überhaupt nicht stattgefunden haben und deshalb die Flächen nur annähernd aus der Generalkarte von Palästina berechnet werden können. Daraus bestimmt er 258 qkm vollbestockte Waldfläche oder 6% des ganzen Landes. Die Wirkung dieser verhältnißmäßig geringen Fläche wird dadurch verstärkt, daß der größere Waldkomplex auf der südwestlichen Seite gegen das Meer vorliegt, so daß also dadurch die Abkühlung der Luft und die Verdichtung der Wasserdämpfe zu Regen für den gegebenen rückwärts gelegenen Beobachtungspunkt wesentlich gesteigert werden muß.

Aber nicht bloß die Menge des jährlichen Regens, auch die Gleichmäßigkeit des Regenfalls ist in Nazareth merklich größer. Zu Jerusalem schwankte die Regenhöhe in genannten 10 Jahren zwischen 31,8 und 109,1, in Nazareth dagegen nur zwischen 37,4 und 89,6 cm. Ueber die Vertheilung der Regenmenge auf die einzelnen Monate oder Jahreszeiten sind keine Materialien beigebracht, obgleich der Verf. anführt, daß eine Mißernte in sichere Aussicht zu nehmen sei, wenn zur Zeit der Körnerreife nur einige cm Regen zu wenig fallen.

R. Aßmann. **Der Einfluß der Gebirge auf das Klima von Mitteldeutschland.** Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Bd I. 1886. Heft 6, und Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. Heft 9. S. 426.

In Folge der eigenthümlichen Bodengestaltung, des raschen Wechsels von Hoch und Niedrig, gestaltet sich das Klima von Mitteldeutschland zu einem Bilde von „mosaikartiger Mannigfaltigkeit und scheinbarer Unentwirrbarkeit, bei welchem die Aussonderung der auf dieselbe Ursache zurückführbaren Erscheinungen erheblichen Schwierigkeiten begegnet". Den markantesten Faktor, den Einfluß der Bodenerhebungen von Fall zu Fall auszusondern und seine Wirkungen festzustellen, ist die Aufgabe, die der Verf. der vorliegenden Schrift sich gestellt hat.

Das behandelte Gebiet umfaßt die Provinz Sachsen, die thüringischen Staaten, ferner Anhalt und Braunschweig. Ausgeschlossen werden mußte hingegen leider

Digitized by Google

„der in mancher Beziehung abweichenden Beobachtungsmethoden und- Zeiten" wegen das Königreich Sachsen.

In der Einleitung wird in übersichtlicher Weise ein Bild der Bodengestaltung Mitteldeutschlands gegeben, das durch die vom Verf. entworfenen Höhenprofile, sowie durch die treffliche Uebersichtskarte, die gleichzeitig die Grundlage der klimatologischen Karten bildet, wesentlich vervollständigt wird.

Die meteorologischen Resultate des Verf. an dieser Stelle wiederzugeben, verbietet der Raum; es sei in Bezug auf Einzelheiten auf das Original selbst verwiesen. Doch möge es gestattet sein, auf einige Ergebnisse, die besonderes Interesse beanspruchen, aufmerksam zu machen.

Auf Grund der einwurfsfreien Luftdruckbeobachtungen an 16 Stationen in den Jahren 1883—1885 entwirft der Verf. Isobarenkarten für das Jahr wie für die einzelnen Jahreszeiten und zeigt hierbei, daß nordöstlich des Harzes wie des Thüringer Waldes durch eine südliche, sehr erhebliche Ausbuchtung der Isobaren die Existenz zweier kleiner Theildepressionen angezeigt wird. Da diese Ausbuchtungen sich im Mittel zu allen Jahreszeiten zeigen und bei Reduktion der Barometerstände auf das Meeresniveau wie auch auf die Niveaufläche von 300 m Höhe in gleicher Lage auftreten, so dürfte an der Thatsächlichkeit dieser Erscheinung nicht zu zweifeln sein, umsomehr als die vom Verf. gegebene Erklärung des Phänomens eine durchaus natürliche ist. Die deutschen Mittelgebirge erheben sich aus dem sanft vom Fuße der Alpen nach Norden sich senkenden Gebiet und werden fortwährend von den Winden bestrichen, die den auf der Nord- und Ostsee dahinziehenden Depressionen zuwehen. Je größer die Reibungswiderstände sind, die das Abfließen der Luft zu hindern trachten, desto größere Gradienten sind zu ihrer Ueberwindung nothwendig. Es werden sich daher im Gebiet eines Hindernisses, das sich der Luftabfuhr entgegenstellt, die Isobaren in Ausbuchtungen einander zu nähern suchen, während sie in Gebieten mit geringer Reibung sich von einander entfernen. In dieser Weise wird die Druckvertheilung abhängig von der Bodengestaltung; der Druck wird auf einem Druckabhang, auf dem sich Gebirge senkrecht zur Richtung des Gradienten erheben, nicht gleichmäßig, sondern treppenförmig abnehmen, und in Lee der Gebirge werden sich Gebiete finden, welche sich, verglichen mit den Nachbargebieten rechts und links, denen Hindernisse fehlen, durch niedrigen Druck auszeichnen. Eine Bestätigung dieser Theilminima nordöstlich des Harzes und Thüringer Waldes glaubt Verf. in den zweithäufigsten Windrichtungen zu finden.

Bei Besprechung der Temperaturverhältnisse wird vor Allem die Bedeutung der Lokaleinflüsse erörtert. Es werden die Mitteltemperaturen des Jahres und der Jahreszeiten mit Hilfe der Reduktionsgröße 0,5° pro 100 m auf das Meeresniveau reducirt. Daß trotz dieser Reduktion die Höhen der Berge zu kühl bleiben, hängt natürlich davon ab, daß die gewählte Reduktionsgröße 0,5° kleiner ist als die empirisch für das Gebiet geltende. Letztere hat *J. Hann* für den Harz zu 0,58° gefunden.

Aus einer Zusammenstellung der mittleren absoluten Maxima und Minima des Jahres leitet der Verf. ab, daß erstere höher in Lee der Gebirge sind als an deren Luvseite, die Minima in Lee des Thüringer Waldes niedriger als an dessen Südseite, ein Gegensatz, der am Harz fehlt und daher wohl weniger auf

Digitized by Google

den Gegensatz von Luv- und Leeseite, als vielmehr auf die Gestaltung des Thüringer Beckens zurückzuführen ist, die nach den Ausführungen des Verf. für intensive Erkaltung mit Temperaturumkehr in der Höhe sehr günstig ist. — Die mittlere Jahresschwankung ist an der Luvseite der Gebirge erheblich kleiner als an deren Leeseite: „Die Gebirge Mitteldeutschlands verleihen den Temperaturverhältnissen ihrer in Lee gelegenen Niederungen einen erheblich kontinentaleren Charakter." Im Winter äußert sich jedoch der Einfluß der Meeresnähe darin, daß zwar die Südseite des Thüringer Waldes wärmer ist als dessen Nordseite und die Südseite des Harzes wärmer als die letztere, gleichwohl aber kälter als die dem Meere so viel nähere Nordseite des Harzes. Einige Orte der Nordseiten beider Gebirge haben unter dem Einfluß föhnartiger Erscheinungen relativ hohe Wintertemperaturen.

Im III. Abschnitt zeigt der Verf. die so enge Abhängigkeit der Hydrometeore von den Bodenformen, der Bewölkung wie der Regenmenge, welche beide in Lee der Gebirge Minima aufweisen, während an der Luvseite die Erhebungen durch Vermehrung der Hydrometeore sich bereits in großer Entfernung fühlbar machen. Daß der Harz gegenüber dem Thüringer Wald durch größere Bewölkung und größere Niederschläge sich auszeichnet, entspricht seiner exponirten Lage. Interessant ist, daß die Niederschlagshäufigkeit keine von den Gebirgen direkt abhängige Vertheilung zeigt, und in Folge dessen die mittlere Niederschlagsdichtigkeit an der Luvseite der Gebirge größer zu sein scheint als an deren Leeseite.

Eine Schilderung der klimatischen Bezirke Mitteldeutschlands bildet den letzten Theil des Werkes, dessen Hauptergebniß Verf. in nachfolgendem Schlußsatz zusammenfaßt:

„Der Einfluß der Gebirge auf das Klima Mitteldeutschlands äußert sich hauptsächlich in der Weise, daß die Luvseiten der Gebirge nächst ihrem nächsten Vorlande ein limitirtes, die Leeseiten bis auf weitere Entfernungen hin ein excessiveres Klima erhalten. Das Binnenlandsklima wird daher in ein Küsten- und in ein verstärkt kontinentales Klima zerspalten; die erheblich größere Wirkungssphäre der Gebirge nach ihrer Leeseite hin bedingt als allgemeines Resultat der Gebirgswirkung eine Vermehrung der Kontinentalität. Andererseits sind die Gebirge selbst für die Regenbenetzung von erheblichstem Einfluß, indem sie gewissermaßen Fangapparate für den atmosphärischen Wasserdampf darstellen."

M. P. E. Berthelot und ***André.*** **Ueber die stickstoffhaltigen Substanzen im Regenwasser.** Compt. rend. T. CII. 1886. pag. 957, und „Naturwissenschaftliche Rundschau". 1886. Nr. 28. S. 256.

Wie wichtig die Zufuhr stickstoffhaltiger Substanzen durch den Regen für den Boden, ist bekannt: aber die genaue und vollständige Ermittelung dieser Zufuhr bietet ganz besondere Schwierigkeiten. Meist begnügt man sich damit, den Stickstoff des im Niederschlagwasser frei oder gebunden vorkommenden Ammoniaks und den Stickstoff der Salpetersäure zu bestimmen; aber im Regenwasser sind noch weitere stickstoffhaltende Substanzen in Form von Staubtheilchen enthalten, welche zuweilen dem Boden fast ebenso viel Stickstoff zuführen wie die Ammoniaksalze[1]).

[1]) Vergl. die Untersuchungen von *A. Levy*. Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 180 u. 182.

Digitized by Google

Die Verff. haben dies in der Weise nachgewiesen, daß sie das Regenwasser filtrirten und nach der gewöhnlichen Analyse des Wassers auf seinen Stickstoffgehalt, den mit unlöslichem Staube beladenen Filter auf Stickstoff untersuchten.

Es wird hierbei darauf aufmerksam gemacht, daß die Analyse des Regenwassers gleich nach dem Niederfallen ausgeführt werden muß, weil beim Stehen des Wassers sich aus den Luftkeimen bald Organismen entwickeln, die das Ammoniak und die salpetrige Säure umwandeln.

Will man daher genau die Zufuhr des Stickstoffs durch die Niederschläge bestimmen, so muß man vier Bestimmungen ausführen: man hat den Stickstoff zu messen im freien Ammoniak, im gebundenen Ammoniak, in der salpetrigen Säure und im Staube. Die letztere Quelle ist besonders wichtig bei kurz dauerndem Regen und bei Schneefällen.

In der nächstfolgenden Sitzung der Pariser Akademie (C. r. CII. 1001) trat *Th. Schlösing* diesen letzteren Angaben entgegen mit dem Hinweis darauf, daß nach seinen exakten Messungen die trockene wie die feuchte Ackererde der Luft Ammoniak entzieht, und zwar die feuchte Erde noch mehr wie die trockene, weil sich in der feuchten das Ammoniak in Nitrate verwandelt, und daher die Ammoniakspannung in der feuchten Erde stets kleiner ist als in der Luft.

In einer anderen kurzen Mittheilung an die Pariser Akademie behandeln dieselben Verfasser die Dosirung des Ammoniaks im Boden und weisen ganz besonders die großen Verluste an Ammoniak nach, welche der Boden durch das Trocknen sowohl bei 100° als im Vakuum erfährt. Man muß daher den Boden, dessen Ammoniak man bestimmen will, niemals vorher austrocknen, sondern den Wassergehalt in einem besonderen Verfahren bestimmen.

Die Verff. machen ferner darauf aufmerksam, daß der vom Regen durchfeuchtete Boden beim natürlichen Austrocknen gleichfalls Ammoniak verliert (?) und dieser Proceß geht in der Weise vor sich, daß die Ammoniaksalze mit den Alkalikarbonaten eine Doppelzersetzung eingehen, bei welcher sich kohlensaures Ammoniak bildet, das sich theilweise zersetzt, wobei Ammoniak in die Atmosphäre entweicht. Wenn Karbonate im Boden fehlen, dann fällt auch die Zersetzung der Ammoniaksalze und das Entweichen des Ammoniaks in die Luft aus.

O. Kellner. **Untersuchungen über den Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Stickstoffverbindungen.** Landw. Jahrbücher. Bd. XV. 1886. S. 701—708.

Die eigenartigen meteorologischen Verhältnisse in Japan gaben dem Verf. Veranlassung, im Anschluß an die in Europa angestellten Beobachtungen, solche auch für die dortige Gegend (Tokio) anzustellen. In Folge der Lage des Landes im nordöstlichen Theile des indo-chinesischen Monsungebietes sind während der heißesten Jahreszeit (Juni bis September) südwestliche, im übrigen Theile des Jahres nordöstliche Winde vorherrschend. Zur Zeit des Monsunwechsels, im Juni und September, giebt es alsdann sehr reichliche Niederschläge, die gewöhnlich wiederkehren, bis der neue Monsun den alten verdrängt hat; so entsteht denn zweimal im Jahre eine 4—6 wöchentliche Regenperiode. Aber auch die übrige Zeit ist keineswegs arm an Regen. — Gleichzeitig mit einer großen Feuchtigkeitsmenge führt der Sommermonsun dem Lande einen bedeutenden Wärmezuschuß aus den Tropen zu, während im Winter die Kälte des Nordost

Digitized by Google

durch einen warmen, von den Küsten Chinas kommenden Meeresstrom, sowie durch die Wassermassen des stillen Oceans überhaupt, sehr gemildert wird.

Die Salpetersäurebestimmungen in den Niederschlägen aus dem Jahre 1883/84 ergaben folgende Resultate:

	Zahl der Regentage	Niederschlag	Mittlere Temperatur	Salpetersäure pro Liter	Salpetersäure pro ha.
		mm	°C.	mg	g
November	8	38,99	9,7	0,677	263,8
December	3	35,05	4,9	0,980	758,8
Januar	3	42,38	2,5		
Februar	8	52,32	2,6	0,504	263,6
März	13	165,49	5,9	0,208	343,9
April	12	235,78	11,5	0,192	452,6
Mai	11	131,56	15,2	0,387	508,8
Juni	13	203,11	19,5	0,191	387,6
Juli	13	111,60	23,3	0,215	422,1
August	12	84,70	23,8		
September	11	149,09	21,4	0,336	500,7
Oktober	6	87,12	15,6	0,563	490,5
Pro Jahr	113	1337,19	13,0	0,3285	4392,4

Der im Vergleich zu den Resultaten anderweitiger Untersuchungen geringe Gehalt der Niederschläge an Salpetersäure erklärt sich aus den großen Niederschlägen, die namentlich während der Sommermonate und Regenperioden oft mehrere Tage anhalten und die Luft derartig von den an und für sich leicht auflöslichen Nitraten und Nitriten befreien, daß sich in dem am zweiten und dritten Tage fallenden Regen von ihnen fast nichts mehr vorfindet.

Dementsprechend waren die Niederschläge im Sommer beträchtlich ärmer an Salpetersäure als im Winter; es beträgt nämlich der Gehalt pro Liter

von September bis Februar 0,562 mg,
» März » August 0,227 » .

Die Ergebnisse der Ammoniakbestimmungen sind in folgender Tabelle enthalten:

	Zahl der Regentage	Niederschlag	Mittlere Temperatur	Ammoniak pro Liter	Ammoniak pro ha.
1885.		mm	°C.	mg	g
Januar	2	23,1	1,7	0,561	129,6
Februar	3	31,2	2,3	0,529	165,1
März	10	89,5	4,7	0,240	214,7
April	16	177,1	10,8	0,169	299,5
Mai	10	70,7	15,1	0,167	118,4
Juni	15	277,9	20,3	0,138	373,8
Juli	8	269,4	23,0	0,076	204,0
August	5	129,9	25,2	0,117	151,3
September	11	71,4	21,9	0,250	178,2
Oktober	14	272,9	16,0	0,075	205,7
November	11	107,1	10,4	0,195	209,3
December	3	60,5	5,9	0,284	171,7
Pro Jahr	108	1580,7	13,1	0,153	2421,3

Digitized by Google

Ebenso wie bereits hinsichtlich der Salpetersäure bemerkt wurde, ist die Koncentration der Niederschläge während der Wintermonate höher als während der Sommerzeit, was auch hier auf rein örtliche Verhältnisse, nämlich auf die durch die beiden Monsunwechsel bedingte, ungemeine Intensität der Regengüsse während des Sommers zurückgeführt werden muß.

Auf die Fläche von 1 ha sind in Tokio im Laufe eines Jahres herniedergefallen

in Form von Salpetersäure 0,650 kg Stickstoff,
» » » Ammoniak 1,994 » »
insgesammt 2,644 kg Stickstoff.

Trotzdem also hier die Regenhöhe doppelt so hoch ist als die von Rothamsted (876 mm), bleibt die Stickstoffmenge, welche alljährlich dem Boden durch die Niederschläge zugeführt wird, unter der für letzteren Ort ermittelten Zahl; es wurde nämlich dort gefunden:

Stickstoff in Form von Salpetersäure: 0,829 kg,
» » » » Ammoniak: 2,763 »
insgesammt: 3,592 kg,

wobei bemerkenswerther Weise das Verhältniß des Salpetersäurestickstoffs zu dem in Ammoniakform vorhandenen an beiden Orten fast das gleiche ist; dasselbe stellt sich nämlich für Tokio auf 1 : 3,00, für Rothamsted auf 1 : 3,33.

Die Schlußfolgerungen aus vorsteh. Versuchsergebnissen präcisirt Verf. wie folgt:

1. Der Gehalt eines atmosphärischen Niederschlags an Stickstoffverbindungen hängt vor Allem ab von der Intensität und Dauer desselben; je größer die Intensität und je länger die Dauer, desto geringer ist die Koncentration.

2. Selbst unter verschiedenen klimatischen Bedingungen bleibt sich die Koncentration der Niederschläge gleicher Höhe im Durchschnitt einer großen Anzahl von Fällen annähernd gleich.

3. Das Verhältniß des Stickstoffs in Form von Ammoniak zu dem in Form von Salpeter- und salpetriger Säure bleibt in den Niederschlägen selbst unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen (Rothamsted und Tokio) sehr konstant.

4. Die jährliche Niederschlagsmenge bietet gar kein Maß für die absolute, einer gegebenen Fläche zugeführte Quantität gebundenen Stickstoffs, sondern es kommt hierbei vor Allem auf die Intensität und zeitliche Vertheilung der einzelnen Niederschläge an, derart daß z. B. in Tokio bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von ca. 1500 mm nur 2,6 kg Stickstoff pro Hektar niederfallen, wogegen in Rothamsted bei der beträchtlich geringeren Regenhöhe von 780 mm mehr, nämlich 3,6 kg, in den Boden gelangen. *E. W.*

O. Kellner. **Ueber die Stickstoffmengen, welche durch verschiedene Absorptionsflüssigkeiten der Atmosphäre entzogen werden**[1]). Landw. Jahrbücher. Bd. XV. 1886. S. 709—711.

Verf. beabsichtigte, das Maximum an gebundenem Stickstoff festzustellen, welches der Ackerboden der Atmosphäre zu entziehen vermag. In dem Betracht jedoch, daß diese Stickstoffmengen so gering sind, daß es unmöglich ist, dieselben nur annähernd genau zu ermitteln, nahm er seine Zuflucht zu anderen absorbirenden Mitteln. Er wählte eine 5 % Schwefelsäure für die Absorption des

[1]) Vergl. die Untersuchungen von *R. Heinrich*. Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 446.

Digitized by Google

Ammoniaks und eine ebenso hoch konzentrirte Lösung von Kalikarbonat für die Bindung der Salpeter- und salpetrigen Säure. Die Flüssigkeiten wurden in ein Gefäß von 26 cm Durchmesser und 200 ccm Inhalt gebracht und waren immer drei Monate lang der Luft ausgesetzt[1]). Die Ergebnisse waren folgende:

Datum	Mittlere Temperatur	Ammoniak absorbirt pro ha	Salpeter u. salpetrige Säure absorbirt pro ha
November 1884 — Januar 1885 . . .	3,9 °C	1,672 kg	1,304 kg
Februar bis April (1885)	5,9 „	3,604 „	1,685 „
Mai bis Juli (1885)	19,5 „	3,943 „	0,824 „
August bis Oktober (1885)	21,0 „	4,958 „	1,204 „
Im ganzen Jahr: —		14,308 kg	5,017 kg.

Auf Stickstoff berechnet ergeben sich folgende Zahlen:

in Form von Ammoniak 11,78 kg
» » » Salpetersäure u. s. w. 1,30 »

Gesammtstickstoff: 13,08 kg.

Zählt man den Stickstoff der atmosphärischen Niederschläge im Betrage von 2,64 kg hinzu, so ergiebt sich eine Menge von 15,72 kg gebundenen Stickstoff pro Jahr und Hektar. Weitere Untersuchungen sollen darüber entscheiden, welche Abweichungen von diesem Maximum die verschiedenen Bodenarten aufweisen.

E. W.

W. Köppen. **Luftfeuchtigkeit und Nachtfrost.** Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. S. 123 u. 124.

Bekanntlich hatte *C. Lang*[2]) in einem die Prognose der Nachtfröste betreffenden Aufsatz den Satz aufgestellt, daß Nachtfrost nicht eintritt, wenn der Thaupunkt der Luft über 0° liegt, daß Nachtfrost dagegen zu befürchten ist, wenn der Thaupunkt unter den Gefrierpunkt sinkt. Hierbei ist aber, wie Verf. vorliegender Notiz bemerkt, stillschweigend vorausgesetzt, daß die, doch wohl in den Nachmittags- oder nicht zu späten Abendstunden zu machende Beobachtung Gültigkeit auch für die Zeit der kältesten Nachtstunden habe und die Dampfspannung in dieser Zeit sich nicht wesentlich ändern werde. Dieselbe Voraussetzung ist auch von anderen Schriftstellern über diesen Gegenstand gemacht worden, eine nähere Prüfung ihrer Richtigkeit dürfte indessen angezeigt sein. Es soll dabei zunächst von den gelegentlichen, unperiodischen Aenderungen der Dunstspannung abgesehen und nur ihre periodische Aenderungen ins Auge gefaßt werden. Hierzu gebricht es allerdings bis jetzt noch außerordentlich an Material. Aus Deutschland findet Verf. an Beobachtungen, welche die Dunstspannung auch für die Zeit des Temperaturminimums im Sommer angeben, nur jene von München; nimmt man die Zahlen aus *Lang*'s Monographie des Klimas von München, ferner jene für vier russische Stationen aus der Abhandlung von *H. Wild* über den täglichen

[1]) Offenbar können die mittelst der beschriebenen Versuchsmethode ermittelten Werthe nicht auf die Ackererde übertragen werden, weil sich diese in Bezug auf die Absorption des Ammoniaks und der Salpetersäure wesentlich anders verhält als die benutzten Absorptionsmittel. Aus diesem Grunde hat auch Ref. den Titel der Arbeit, welchen Verf. im Original auf die Absorption des gebundenen Stickstoffs durch die Ackererde bezog, abgeändert. Der Ref.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1881. S. 438.

Digitized by Google

und jährlichen Gang der Feuchtigkeit in Rußland und endlich jene für Melbourne aus *Neumayer:* Discussion etc., so erhält man die folgende Uebersicht für denjenigen Monat, dessen Nachtfröste bei uns am meisten gefürchtet sind, den Mai (Melbourne November), wobei e die Dampfspannung in mm, T den Thaupunkt bedeutet:

		2 p	6 p	10 p	Temp. Min.
München	e	8,18	8,16	7,96	7,40
	T	8,3	8,3	7,9	6,8 (4a)
Petersburg	e	6,73	6,50	5,88	5,52
	T	5,4	4,9	3,5	2,6 (4a)
Tiflis	e	9,25	9,12	9,04	8,64
	T	10,1	9,9	9,8	9,1 (5a)
Barnaúl	e	5,95	5,72	5,63	5,25
	T	3,6	3,1	2,8	1,8 (4a)
Sitcha	e	6,16	5,84	5,45	5,21
	T	4,2	3,4	2,4	1,8 (4a)
Melbourne	e	8,99	9,07	9,14	8,51
	T	9,1	9,3	9,4	8,2 (4a).

Es ist hiernach der normale Thaupunkt zur Zeit des nächtlichen Temperaturminimums im Allgemeinen im Mai um 1° bis 2° niedriger als um 6 U. Abends, eine Differenz, welche zu beachten ist, wenn aus Feuchtigkeitsbestimmungen am Tage auf die Frostgefahr für die folgende Nacht geschlossen werden soll. *E. W.*

A. Kammermann. **Vorausbestimmung des nächtlichen Temperaturminimums.** Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. S. 124—128.

Verf. hat in zwei, in den Archives des Sciences physiques veröffentlichten Arbeiten die auf dem Thaupunkt basirte und noch zwei neue Methoden der Vorausbestimmung des nächtlichen Temperaturminimums untersucht und kommt dabei zu folgenden Resultaten.

Es zeigte sich zunächst bei Anwendung ersterer Methode, daß in ungefähr der Hälfte der Fälle das nächtliche Minimum unter die am Abend bestimmte Temperatur des Thaupunktes sinkt. Die Differenz zwischen der um 9½ U. Abends ermittelten Temperatur des Thaupunktes und dem nächtlichen Minimum betrug (in Genf):

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Okt.	Novb.	Decbr.
−1,8	−1,3	−0,1	0,0	−0,1	−0,1	−0,1	−0,3	−1,2	−1,4	−0,4	−0.6.

In den sechs Monaten März bis August wäre hiernach die tiefste Nachttemperatur durchschnittlich fast genau dem Thaupunkt um 9½ U. Abends gleich, in den sechs übrigen dagegen erheblich tiefer als dieser. Es scheint indessen, daß dieses Resultat von der Ungleichheit der Jahre beeinflußt ist, aus denen die Mittel der Temperatur und der Dunstsättigung abgeleitet sind, ganz abgesehen davon, daß der aus der mittleren Dunstspannung berechnete Thaupunkt, wie *Weihrauch* gezeigt hat, keineswegs dem arithmetischen Mittel der um 9½ U. Abends beobachteten Thaupunkte entspricht.

Für jeden Tag der Jahre 1882 bis Juni 1885 hat Verf. die Resultate dieser Methode (nämlich den Thaupunkt um 9½ U. Abends korrigirt um den Betrag der obigen normalen Differenz) sowie der gleich zu nennenden zweiten Methode mit dem wirklichen Nachtminimum verglichen; diese Daten sowohl als auch deren Differenzen theilt er in einer Tabelle in extenso mit; die Mittel der Abweichungen, ohne Rücksicht auf das Zeichen genommen, nimmt er als Maß für die Verläßlichkeit der Methode an.

Die erwähnte zweite Methode beruht auf der Voraussetzung, daß die zu erwartende Aenderung nach 10 U. Abends bis zum Minimum proportional sei der stattgehabten Aenderung vom Maximum bis 10 U., daß also die unperiodischen

Digitized by Google

Aenderungen und der Einfluß der Lokalität mehr die Amplitude als die Form der täglichen Periode beeinflusse. Nach vieljährigen Beobachtungen beträgt zu Genf die Aenderung nach 10 U. Abends in den einzelnen Monaten 56 (Okt.) bis 74% (Jan.) — durchschnittlich rund $^2/_3$ — der Aenderung von 10 U. Abends.

Als „vorausgesehenes Minimum" bezeichnet Verf. das Mittel aus den beiden Bestimmungen: die Abweichung desselben vom wirklichen Minimum beträgt in 47% der Fälle weniger als 1°, in 80% weniger als 2°, in 94% der Fälle weniger als 3° und nur in 6% der Fälle mehr als 3°. Letztere Fälle fanden vorwiegend im Winter statt und nur je 1 mal im Lauf der $3^1/_2$ Jahre in den praktisch wichtigsten Monaten April und Mai. Indessen war die Häufigheit der positiven und negativen Abweichungen keineswegs gleich, sondern überwogen die ersteren bei weitem, d. h. das vorausgesehene Minimum war gewöhnlich tiefer als das wirkliche, besonders im Winter; von den beiden Bestimmungsarten, welche zur Gewinnung der ersteren zusammenwirken, ist jene nach dem Thaupunkt, welche diese Einseitigkeit der Fehler zeigt, woraus hervorgeht, daß die an dem Thaupunkt nach den angeblichen Normalwerthen angebrachten negativen Korrektionen die Werthe sehr ungünstig beeinflußt haben.

Während die beiden bisher behandelten Methoden eine gute theoretische Begründung, aber eine durch die späte Abendstunde und das etwas komplicirte Verfahren, das sie voraussetzen, eingeschränkte praktische Verwendbarkeit besitzen, ist die dritte Methode eine rein empirische, aber vielleicht praktisch die werthvollste, falls sie sich an anderen Orten ebenso bewähren sollte wie in Genf.

Verf. fand nämlich, daß das Verhältniß der mittelst des Thermometers mit feuchter Kugel ermittelten Temperatur zum nächtlichen Minimum während des ganzen Jahres fast konstant bleibt, während der Unterschied zwischen Lufttemperatur und nächtlichem Minimum bedeutend variirt. Folgende Tabelle giebt für 1 U. Nachm. in den verschiedenen Monaten die Normalangaben der Lufttemperatur, der feuchten Kugel, des Minimums und endlich die Differenzen der beiden ersteren von dem letzteren, wie sie in Genf erhalten worden sind:

	Lufttemperatur	Feuchte Kugel	Minimum	Lufttemperatur − Minimum	Feuchte Kugel − Minimum
Januar	+ 1,9°	+ 0,6°	— 3,1°	5,0°	3,7°
Februar	+ 4,1	+ 2,3	— 2,0	6,1	4,3
März	+ 7,6	+ 4,9	+ 0,6	7,0	4,3
April	+ 12,2	+ 8,3	+ 4,2	8,0	4,1
Mai	+ 16,6	+ 12,1	+ 8,0	8,6	4,1
Juni	+ 20,5	+ 15,3	+ 11,3	9,2	4,0
Juli	+ 22,5	+ 16,8	+ 13,1	9,4	3,7
August	+ 21,7	+ 16,4	+ 12,5	9,2	3,9
September	+ 18,3	+ 14,2	+ 10,0	8,3	4,2
Oktober	+ 12,9	+ 10,3	+ 6,1	6,8	4,2
November	+ 6,7	+ 5,0	+ 1,7	5,0	3,3
December	+ 2,5	+ 1,3	— 1,8	4,3	3,1

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß die Korrektion, welche an der Lufttemperatur anzubringen ist, um volle 5,1° im Laufe des Jahres variirt, während dieselbe für die feuchte Kugel nur um 1,2° differirt. Es ist wohl unnütz zu

Digitized by Google

sagen, daß diese Beständigkeit der Korrektion für die feuchte Kugel nicht nur um 1 U. Nachm. stattfindet, sondern für eine beliebige Stunde. Es wurde 1 U. Nachm. gewählt in der Annahme, daß von einem bestimmten Ort als Centrum die Prognosen auf Nachtfrost in benachbarte Dörfer zur richtigen Zeit noch versandt werden können. Es ist andererseits klar, daß die Bestimmung der tiefsten Nachttemperatur um so genauer sein wird, je näher die gewählte Stunde der Nacht liegt.

Eine Berechnung der mittleren Abweichungen nach den beiden Methoden, die der Verf. für die Monate April und Mai und für verschiedene Jahre angestellt hat, zeigte, daß durch eine einfache Subtraktion von der Temperatur, die die feuchte Kugel angiebt, das nächtliche Minimum ebenso sicher schon um 1 U. Nachmittags bestimmt werden kann, als mittels des Thaupunktes um 10 U. Abends.

Was die Abweichungen der vorgeschlagenen Methode selbst betrifft[1]), so waren von 71 Abweichungen, die während 244 berücksichtigter Tage 2° überschritten haben, bloß 14 negativ, und bei diesen 14 negativen Werthen (wahres minus wahrscheinliches Minimum) sind 5, für welche die tiefste Nachttemperatur unter + 4° zu liegen kam. Es scheint dem Verf. nicht unnütz hervorzuheben, daß die vorausgesetzten Minima aufgestellt worden sind, ohne die Himmelsansicht oder die Windstärke u. s. w. zu berücksichtigen. Diese Methode, die sich durch Einfachheit auszeichnet, scheint also berufen, der Landwirthschaft in Bezug auf Frostprognose wirkliche Dienste zu leisten. Es ist klar, daß die anzuwendende Korrektion für verschiedene Orte ebenfalls variiren wird; doch die Konstanz derselben läßt vermuthen, daß es in geringerem Maße sein wird gegenüber der Temperaturänderung von einem Orte zum andern. *E. W.*

J. Berthold. **Die Nachttemperatur und das feuchte Thermometer.** Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. S. 219 und 220.

Angeregt durch den *Kammermann*'schen Artikel untersuchte Verf. sofort die diesbezüglichen Data der von demselben verwalteten Station. Die Uebereinstimmung der beiderseitigen Resultate war frappant, da wegen der sprichwörtlich gewordenen „Abendkühle im Gebirge" in dortiger Gegend (Schneeberg) eine weit größere Differenz zwischen den Angaben der feuchten Psychrometerkugel (2 U. Nachm.) und denjenigen des Minimumthermometers erwartet werden mußte. Doch mögen die annähernd gleiche Seehöhe (410, 480) und völlige Uebereinstimmung der Jahresschwankung der Temperatur (19°) beider Orte (Genf und Schneeberg) das ihrige dazu beigetragen haben, die Deckung der in Rede stehenden Resultate bis auf 0,3° zu bewerkstelligen.

Die Resultate waren folgende:

I. Monatsmittel.

Das nächtliche Minimum lag tiefer als die 2 U.-Temperatur des feuchten Thermometers:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Novbr.	Decbr.	Jahr
Mittel	4,1	3,8	4,5	4,5	4.6	4,2	4,0	4,2	4,3	3,6	3,4	3,5	4,1
Maximum	7,3	5,0	5,8	5,6	5,4	4,7	4,8	4,9	5,0	4,0	4,8	7,6	4,5
Minimum	1,9	2,8	3,2	3,1	3,7	3.6	3,3	3,5	3,3	2,5	2,9	2,1	3,7
Die Differenz ist > als in Genf	0,4	-0,5	0,2	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,6	0,2	0,4	0,3

[1]) 97 Abweichungen zwischen 0° u. 1°, 76 Abweichungen zwischen 1° u. 2°.

Digitized by Google

II.

Da für die Praxis nur die Monate Mai, Juni und September von besonderer Bedeutung sind, untersuchte Verf. hiervon jeden einzelnen Tag rücksichtlich seiner Uebereinstimmung mit dem zugeordneten Mittelwerthe aus I. Es stimmten überein (ohne Rücksicht auf das Zeichen) bis auf:

	0°	½°	1	1½°	2°	2½°	3°	3½	4°	4½°	5°	6°
						im Mai						
Fälle	28	42	33	27	34	20	13	13	10	8	9	3
Procente	12	18	14	11	14	8	6	6	4	3	3	1
						im Juni						
Fälle	21	45	52	32	20	28	13	6	7	7	4	4
Procente	9	19	22	13	8	12	5	3	3	3	1½	1½
						im September						
Fälle	24	37	31	38	27	11	21	17	18	7	7	2
Procente	10	15	13	16	11	5	9	7	8	2½	2½	1

III.

Von den von der Frostprognose abweichenden Fällen verdienen diejenigen besondere Aufmerksamkeit, deren Minimum unter das der Prognose fällt.

Gesammtzahl solcher Fälle:	Um mehr als 1% fehlerhaft:	Hiervon waren schadenbringend (Lufttemp. + 2° und darunter):
im Mai 117 Fälle od. 49%	76 Fälle oder 32%	20 Fälle oder 12½%
„ Juni 97 „ „ 40 „	60 „ „ 25 „	2 „ „ ⅚ „
„ Sept. 101 „ „ 42 „	78 „ „ 32 „	9 „ „ 6 „

IV.

Um endlich auch noch diese Fehler wie bei der Prognosenstellung vermeiden zu können, untersuchte Verf. sämmtliche unter III. verzeichneten Fälle hinsichtlich ihres 2 U. Nachm. Feuchtigkeitsgehaltes, ihrer Bedeckung, Windrichtung und Windstärke. Es ergab sich:

a) daß von obigen 76, 60 resp. 78 Fällen (III.) beziehentlich nur 15, 10, 15 den Durchschnittsfeuchtigkeitsgehalt (für 2 U.) erreicht oder überschritten hatten;

b) daß jedes Feuchtigkeitsmanko von 3% die bei der Prognose benutzte Differenz (I.) um ca. 1° vergrößert;

c) daß der Prognosensteller diese Differenz noch weiter erfahrungsgemäß vergrößern muß, sobald der Wind aus NW—O bläst, vorher starke Niederschläge fielen oder rasche Aufklärung erfolgte.

Verf. glaubt, daß man selbst im Mai 95% Treffer erzielen kann.

A. Troska. **Zur Vorausbestimmung des nächtlichen Minimums.** Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. S. 415—417.

Im Anschluß an die Aufsätze von *Kammermann* und *Berthold* macht Verf. einige Mittheilungen über Beobachtungen, welche er im April und Mai in Leobschütz (Schlesien) behufs Vorausbestimmung des nächtlichen Minimums angestellt hat.

Zunächst macht Verf. darauf aufmerksam, daß die von *Kammermann* gefundene Thatsache, wonach das nächtliche Minimum im Durchschnitt einer

Digitized by Google

längeren Beobachtungsreihe nahezu 4° C. unter den Stand des feuchten Thermometers am Nachmittag oder am Abend vorher herabgeht, sich auf ganz natürliche Weise erklärt und daß die darauf gegründete Vorausbestimmung nur eine einfache Variation der gewöhnlichen Thaupunktmethode ist. Wenn man nämlich irgend welche Psychrometertafeln zur Hand nimmt, so findet man, daß bei mittleren Feuchtigkeitsprocenten (50—70%) und bei mittleren + Temperaturen das feuchte Thermometer stets nahezu 4° niedriger steht als das trockene. Andererseits ist schon seit lange bekannt, daß der Thaupunkt im Allgemeinen und im Mittel einer längeren Beobachtungsreihe um ebensoviele Grade unter dem feuchten Thermometer liegt, als letzteres seinerseits wieder niedriger steht wie das trockene, d. h. also: der Stand des feuchten Thermometers ist die mittlere Proportionale zwischen den Ständen des Thaupunktes und des trockenen Thermometers. Hieraus erfolgt aber, daß, wenn das feuchte Thermometer vom trockenen um 4° differirt, auch der Thaupunkt annähernd 4° unter dem feuchten Thermometer steht und speciell, daß, da an den meisten Orten das Jahresmittel der relativen Feuchtigkeit 70% nicht übersteigt, und mithin im Durchschnitt das feuchte Thermometer ca. 4° niedriger steht als das trockene, ebenso im Durchschnitt auch der Thaupunkt 4° unter dem ersteren stehen muß. Darin allein liegt, nach des Verf. Meinung, die Ursache der von *Kammermann* gefundenen Thatsache, welche man auch einfach dahin formuliren könnte: der Thaupunkt liegt im Mittel einer längeren Beobachtungsreihe rund 4° unter dem Stande des feuchten Thermometers.

In der kalten Jahreszeit verringert sich die Differenz, wie man sowohl aus den Tabellen von *Kammermann* und *Berthold* wie auch aus einer Psychrometertafel ersehen kann, je nach der Intensität der Kälte bis auf etwa 3°; das Jahresmittel dürfte aber wohl überall nahezu an 4° stehen.

Dies vorausgeschickt giebt Verf. nachfolgend tabellarisch die Resultate, welche er im April und Mai l. J. bei Vorausbestimmung des nächtlichen Minimums mit der Methode von *Kammermann* (I) einerseits und der gewöhnlichen Thaupunktmethode (II) andererseits erzielt hat. Die Beobachtungen wurden sämmtlich um 6 U. Abends angestellt. Das wirklich eingetroffene Minimum ist mit III. bezeichnet.

April	I.	II.	III.	Mai	I.	II.	III.
1	4,7°	3,1°	3,4°	1	—0,8°	0,4°	2,7°
2	3,1	1,6	3,7	2	0,5	1,5	—1,0
3	8,0	8,0	7,2	3	—1,4	0,8	—0,8
4	9,3	9,9	10,0	4	0,1	—1,2	—1,0
5	9,9	11,0	10,9	5	—2,0	0,0	—1,2
6	11,0	10,6	8,4	6	—1,0	1,2	—1,0
7	0,9	0,8	2,0	7	—0,5	1,2	2,3
8	3,3	3,6	7,0	8	2,5	4,7	3,7
9	8,6	8,9	7,0	9	4,6	2,2	4,6
10	9,9	9,0	11,0	10	7,8	6,5	8,7
11	5,6	4,4	6,7	11	8,5	8,7	9,3
12	7,7	8,1	5,0	12	10,3	10,0	9,0

Digitized by Google

April	I.	II.	III.	Mai	I.	II.	III.
13	7,8	8,3	5,3	13	11,6	12,0	12,6
14	1,3	3,7	3,7	14	12,6	13,2	10,6
15	−0,8	1,2	3,2	15	7,8	9,5	8,2
16	4,3	5,6	3,3	16	4,3	4,9	4,4
17	9,4	7,5	5,5	17	7,2	8,7	11,5
18	9,2	7,0	7,3	18	12,6	11,5	11,3
19	9,0	9,2	3,7	19	11,9	11,9	13,2
20	5,6	7,5	3,2	20	15,4	13,2	14,0
21	4,0	3,2	1,0	21	15,0	10,3	15,6
22	4,4	2,5	2,8	22	18,0	15,3	16,2
23	5,6	5,0	3,7	23	17,1	14,0	15,6
24	5,4	4,3	3,7	24	16,4	13,7	16,3
25	9,7	11,0	3,6	25	12,5	11,2	12,1
26	6,8	6,2	2,9	26	13,7	11,8	12,8
27	10,7	9,6	6,9	27	10,6	2,2	15,0
28	7,0	2,0	10,3	28	14,2	13,7	13,8
29	8,2	6,0	5,7	29	13,7	9,0	15,4
30	−1,0	0,3	0,3	30	15,7	15,0	16,3
				31	11,8	12,5	15,0
Mittel:	6,26°	5,93°	5,28°	Mittel:	8,69°	8,05°	9,20°

Verf. bemerkt hierzu, daß, wie die Zahlen zeigten, die Abweichungen vom wirklichen nächtlichen Minimum (III) in den Mitteln unbedeutend sind[1]); sie betragen für April allein bei I + 0,98° und bei II + 0,65° C., für Mai allein − 0,51° resp. − 1,15°, für beide Monate zusammen + 0,23° und resp. − 0,25°, also im Allgemeinen nur ± 1/4° C. „Dieses Verhältniß ist um so zufriedenstellender, als in den beiden in Betracht gezogenen Monaten einige außerordentlich große Abweichungen von der gewöhnlichen Annäherung des Thaupunktes an das nächtliche Minimum vorgekommen sind (28. April, 27. Mai)." *E. W.*

A. F. W. Schultz. **Zur Voraussage des nächtlichen Minimums.** Monatsber. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin. 1842. S. 29 u. 1845/46. S. 185. Bemerkungen zu dem Berichte über die Organisation eines meteorologischen Dienstes im Interesse der Land- und Forstwirthschaft. Berlin. 1879. Meteor. Zeitschrift. Bd. III. 1886. S. 417.

Die Red. der meteor. Zeitschrift erinnert daran, daß schon vor 45 Jahren Verf. den mittleren Stand eines feuchten Thermometers zu jeder Stunde des Tages für Rom nach zweijährigen und Berlin nach fünfjährigen eigenen Be-

[1]) Das Verfahren des Verf., aus den Mittelzahlen Beurtheilungsmomente für die Brauchbarkeit der verschiedenen Methoden herzuleiten, ist jedenfalls unstatthaft, weil in Rücksicht auf praktische Verhältnisse die Ergebnisse der Einzelbeobachtungen hierbei allein als maßgebend angesehen werden müssen. Zieht man letztere in Betracht, so sieht man, wenn man vorurtheilsfrei ist, daß die vorausgesagten Minima von den wirklichen so außerordentliche Abweichungen in fast allen Fällen zeigen, daß man geneigt sein könnte, den in Vorschlag gebrachten Methoden jede praktische Brauchbarkeit abzusprechen. Mat hat eben verschiedene Punkte außer Acht gelassen, auf welche Ref. bei einer anderen Gelegenheit (diese Zeitschrift. 1884. S. 439) bereits hingewiesen hat. D. Ref.

Digitized by Google

obachtungen ermittelt hat und denselben in der oben bezeichneten, im Jahre 1879 erschienenen Schrift in direkte Verbindung mit der Nachtfrostfrage gebracht hat. Die betreffende Stelle lautet wörtlich, wie folgt:

„Ich muß nach meinen eigenen Beobachtungen annehmen, daß der Stand des feuchten Psychrometers, mehr aber noch der des Thaupunktes, einen Fingerzeig zu geben vermag, ob ein Nachtfrost zu befürchten steht."

„Aus meinen Beobachtungen, sowohl in Rom als auch hier, ergiebt sich, daß zur Zeit des Sonnenunterganges der Stand des feuchten Psychrometers sich mehr dem Minimum der Temperatur nähert, der Thaupunkt aber diesem Minimum noch näher liegt, es erreicht und zum Theil darunter geht. — Die nachfolgende Tabelle giebt die Mittel aus meinen stündlichen Beobachtungen für Rom und für Berlin zur Zeit des Sonnenunterganges für den Stand des feuchten Psychrometers und des Thaupunkts, sowie für den Stand des Minimums[1]).

	Rom.			Berlin.		
	Stand des		Temperatur-	Stand des		Temperatur-
	feucht. Therm.	Thaupkt.	Minimum	feucht. Therm.	Thaupkt.	Minimum
Jan.	6,6°	3,5°	5,6°	−0,5°	−2,0°	−1,8°
Febr.	7,6	4,5	5,2	−1,0	−2,6	−3,2
März	9,1	6,0	6,6	1,9	−0,5	−0,5
April	10,0	6,9	7,9	7,5	3,5	5,0
Mai	14,8	11,8	13,0	11,1	7,4	8,6
Juni	18,2	15,0	17,6	13,9	10,6	12,1
Juli	20,0	16,9	19,1	15,1	12,4	13,8
Aug.	18,6	15,0	17,9	15,8	11,9	14,4
Septbr.	17,9	18,4	16,1	13,1	9,5	10,9
Okt.	15,0	12,1	11,8	9,0	6,9	5,6
Novbr.	11,0	8,4	8,0	4,8	3,4	3,6
Decbr.	7,9	4,6	6,0	1,2	0,1	−0,2
Jahr.	13,2	10,0	11,2	7,6	5,0	5,7

„Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß gerade in den Jahreszeiten, in denen Nachtfröste am bedenklichsten sind, Frühling und Herbst, der Thaupunkt Abends, zur Zeit des Sonnenuntergangs fast ganz genau mit dem Temperaturminimum zusammenfällt. Die Uebereinstimmung dieses Verhaltens zwischen Rom und Berlin läßt annehmen, daß dasselbe nicht bloß ein für Rom und Berlin geltendes, an den bestimmten Breitegrad gebundenes, sondern ein Verhalten von allgemeiner Gültigkeit ist. Es wird zwar nicht immer zutreffen, daß ein Nachtfrost eintritt, wenn bei Sonnenuntergang der Thaupunkt unter dem Gefrierpunkt liegt, allein auch die allgemeinen Wetterprognosen treffen nicht immer zu. Und dann scheinen mir noch zwei Momente der Erwähnung werth, weil ihre Beachtung für den Beobachter am „Orte selbst" bezüglich der Wahrscheinlichkeit der auf den Stand des Thaupunktes zur Zeit des Sonnenunterganges gegründeten Prognose über den

[1]) Letztere Angabe bezieht sich nicht auf das absolute Minimum jeder Nacht, sondern auf die Temperatur der im Durchschnitt kältesten Stunde. Ein Minimum-Thermometer war nicht vorhanden.

Digitized by Google

Nachtfrost nicht unerheblich sein dürfte. Es sind diese: der Abstand zwischen Thaupunkt und der gleichzeitigen Temperatur, und der Barometerstand. Je geringer jener und je niedriger dieser, desto wahrscheinlicher wird das Eintreffen der auf den Stand des Thaupunkts gegründeten Prognose."

L. Weber. **Ergebnisse einer Untersuchung der Blitzschläge in Schleswig-Holstein.** Schriften d. nat.-wiss. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. V. Heft 2. S. 9—65 u. Meteor. Zeitschrift. Bd. II. 1885. S. 418—422.

Der Verf., welcher schon seit einer Reihe von Jahren mit der Sammlung und Bearbeitung der Berichte über recente Blitzschläge[1]) in Schleswig-Holstein beschäftigt ist, hat die Resultate von sämmtlichen aus den Jahren 1879—83 vorliegenden 406 Berichten in einer Abhandlung dargelegt, welcher das Folgende entnommen ist.

1. Vertheilung der Blitzschläge nach Monaten und Tageszeiten. Es ergiebt sich folgende Zusammenstellung.

Jahr	Tageszeit	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Summa
1879 bis 1883	3 h. a. – 9 h. a.	—	—	3	3	17	8	—	9	—	1	41
	9 h. a. – 3 h. p.	—	2	5	7	25	18	4	7	—	—	68
	3 h. p. – 9 h. p.	—	1	32	30	38	29	23	13	2	—	168
	9 h. p. – 3 h. a.	1	—	7	9	83	10	4	9	—	1	124
	?	—	—	1	1	—	2	—	1	—	—	5
	Summa	1	3	48	50	163	67	31	39	2	2	406

Die Häufigkeit der Blitzschläge hat hiernach bezüglich der Vertheilung auf Monate ein starkes Maximum im Juli, bezüglich der Vertheilung nach Tageszeiten ein sehr deutlich ausgesprochenes Maximum für die Abendstunden, 3 U. Nachm. bis 9 U. Ab.

2. Die Häufigkeit der Gewitter und ihre Heftigkeit. In nachfolgender Tabelle ist die Anzahl der Gewittertage für die einzelnen Monate des beobachteten Zeitraumes 1879—1883 zusammengestellt. Dividirt man mit diesen Zahlen in die Anzahl der beobachteten Blitzschläge, so erhält man dadurch einen Ausdruck für die Heftigkeit der Gewitter unter der Voraussetzung, daß die vorliegenden Berichte einen ungefähren Maßstab für die Menge der eingeschlagenen Blitze gewähren.

	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Novbr.	Decbr.	Jahr
Tage mit Gewittern:	1	3	11	15	32	18	11	10	2	1	104
Summe der Blitzschläge:	1	3	48	50	163	67	29	39	2	2	404
Blitzschl. p. Gewittertag:	1	1	4,4	3,3	5,1	3,7	2,6	3,9	1	2	3,9

Hiernach ist der Juli nicht bloß am reichsten an Gewittertagen gewesen, sondern es haben auch die Gewitter desselben die größte Zahl der einschlagenden Blitze gehabt.

3. Der Zug der Gewitter wurde in 362 Fällen notirt. Es kamen aus NNW. 3; NW. 20; WNW. 7; W. 76; WSW. 6; SW. 149; SSW. 13; S. 33; SSE. 2; SE. 29; ESE. 1; E. 16; ENE 1; NE 5; oder auf 8 Windrichtungen reducirt aus N. 2; NW. 24; W. 83; SW. 158; S. 41; SE. 30; E. 18; NE. 5.

4. Der Regen zur Zeit des Blitzes. Die Frage, ob es vor oder nach

[1]) Vergl. die Unters. von *W. von Bezold.* Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 336.

Digitized by Google

dem Blitze geregnet, wurde 363 mal beantwortet, und zwar hatte es 334 mal vor- und nachher geregnet; 12 mal nur nachher, 9 mal nur vorher, 8 mal weder vor noch nachher. Die Blitzschläge sind also mit geringen Ausnahmen immer bei schon vorher eingetretenen und nach dem Blitze anhaltenden Regenwetter gefallen. Ueber die Intensität des Regens sind 215 Beobachtungen gemacht worden. Danach ist der Regen 124 mal unmittelbar nach dem Blitzschlage und 48 mal unmittelbar vorher stärker gewesen; 4 mal war das Maximum der Regenstärke gleichzeitig mit dem Blitze und 39 mal trat keine Aenderung ein.

5. Vom Blitz getroffene Objekte. Von den 405 berichteten Blitzschlägen wurden 329 Gebäude, 40 mal Bäume, 11 mal andere leblose, im Freien befindliche Gegenstände, 24 mal auf der Weide befindliches Vieh, einmal eine im Freien befindliche Person getroffen. Unter den 329 Blitzschlägen in Gebäude waren 15, in denen gleichzeitig Bäume, 52, in welchen gleichzeitig im Ganzen 91 Personen, 28, in welchen gleichzeitig Vieh getroffen wurde. In Summa wurden getroffen 338 Gebäude, 92 Personen, 121 Stück Vieh, 60 Bäume, 11 andere leblose im Freien befindliche Gegenstände. Unter den 338 Gebäuden sind 238 ländliche, 50 städtische, 31 Mühlen, 15 Kirchen, 4 Schornsteine.

Um hieraus einen Maßstab für die Gefährdung der einzelnen Arten von Gebäuden zu entnehmen, mögen die Schätzungen des Landesdirektorates benutzt werden, wonach 205 000 ländliche Gebäude, 75 000 städtische, 430 Windmühlen, 663 Kirchen als vorhanden zu nehmen sind. Es entfallen demnach:

auf je 100000	pro 1879—1883	pro 1 Jahr
städtische Gebäude	116	23
ländliche Gebäude	67	13
Mühlen	7209	1442
Kirchen	2262	452

Das Verhältniß der Gefährdung städtischer Gebäude zu derjenigen der ländlichen stellt sich wie 1 : 1,8.

6. Ort und Lage der getroffenen Objekte. Hierüber liegen 327 Angaben vor. In der Ebene lagen 227, am Abhange eines Hügels 17, auf einem Hügel 83. Der Boden wird 77 mal als feucht, 157 mal als trocken angegeben.

7. Schutz durch überragende benachbarte Gegenstände. Von den getroffenen 338 Gebäuden wurden 66 durch unmittelbar (bis zu 10 m Entfernung) daranstehende Bäume, 14 durch benachbarte Häuser überragt. Der unzulängliche Schutz, welchen Bäume gewähren, findet also seine weitere Bestätigung.

8. Den Weg des Blitzes beeinflussende Gegenstände sind bei 178 Blitzschlägen mit mehr oder weniger Deutlichkeit bemerkbar gewesen. Es zeigten sich als solche Schornsteine und Ofenrohre 84 mal, größere Metallgegenstände (eiserne Anker, Ketten, Maschinen u. s. w.) 35 mal, Gas- und Wasserleitung 7 mal, Dachrinnen 13 mal, Gipsdeckendrähte 38 mal, kleinere Metallgegenstände 40 mal. Unter den 338 getroffenen Gebäuden befanden sich 75 ohne Schornsteine, in den übrigen 263 Fällen passirte der Blitz mindestens 83 mal den Schornstein.

9. Die Bedachung war 220 mal eine sogen. weiche (Stroh, Rohr), 105 mal

Digitized by Google

eine harte (Schiefer, Schindeln, Ziegeln, Pappe), 8 mal theils weich, theils hart, und 5 mal war die Art derselben nicht angegeben.

10. Einfluß der Drahtbefestigung der Dächer. Unter 89 Fällen befanden sich 41 Gebäude mit Drahtbefestigung, 48 Gebäude ohne solche. Eine Gefährdung der Gebäude in dem Sinne, daß durch die Metallkonstruktionen etwa die Zahl der Blitzschläge vermehrt würde, oder mit anderen Worten, daß ein mit Drahtbefestigung versehenes Gebäude einen Blitzschlag verursachte, der sonst nicht gefallen wäre, läßt sich aus den angegebenen Zahlen keineswegs entnehmen. Dagegen läßt sich zu Folge eines Berichtes nicht verkennen, daß durch die Drahtbefestigung ein Einfluß auf den Weg des fallenden Blitzes ausgeübt werden könne, so also, daß von zwei sehr nahe aneinanderliegenden Gebäuden dasjenige als das exponirte zu betrachten ist, welches mit Draht versehen ist.

11. Schutz der Gebäude durch Blitzableiter. Unter den 338 getroffenen Gebäuden befinden sich 19, welche mit Blitzableitern versehen waren. In sieben anderen Fällen blieben die Gebäude unverletzt. In 10 Fällen war der Blitz im Wesentlichen der Ableitung gefolgt; er hatte dieselbe jedoch an solchen Stellen verlassen, welche durch offenbare Mängel der Leitung dazu prädestinirt erschienen. Diese Mängel bestanden theils in fehleuder oder sehr schlechter Erdleitung, theils in unvollständigen Anlagen.

12. Zündung der Blitzschläge. Bei den 170 zündenden Blitzschlägen war die Bedachung 150 mal eine weiche, 12 mal eine harte, 8 mal gemischt resp. nicht zu ermitteln. Unter den 41 Gebäuden mit Drahtbefestigung des Daches wurden 32 oder 78 % entzündet, während von den 48 Gebäudeu ohne Drahtbefestigung nur 30 oder 62,5 % entzündet wurden. Obwohl die Gesammtzahl derjenigen Gebäude, bei welchen die Berichte Auskunft über das Vorhandensein der Drahtbefestigung geben, noch eine kleine ist, so bestätigt sich doch schon die früher vom Verf. ausgesprochene Ansicht, daß durch jene Konstruktionsweise die Zündung des Daches durch einschlagende Blitze befördert zu werden scheint. Speciell hierfür sprechen die detaillirteren Berichte 264, 281, 345, in denen eine innere Zündung des Daches beobachtet wurde, sowie 265, in welchem der Blitz durch ein nicht mit Draht befestigtes Dach ohne Zündung schlug. Diese leichtere Zündung der mit Draht befestigten Strohdächer würde nun, falls sie sich weiter bestätigen sollte, einen wenn auch kleinen Theil des außerordentlich großen Nutzens dieser Konstruktion illusorisch erscheinen lassen. Man wird indessen den erwähnten Uebelstand dadurch beseitigen können, daß man die einzelnen Drahtstücke, welche gewöhnlich ohne gegenseitige Verbindung quer durch das Dach laufen, etwa an den Enden und in der Mitte noch untereinander metallisch verbindet. Dadurch würde das Ueberschlagen des Blitzes zwischen den einzelnen Drähten verhindert werden. Das sicherste Mittel bleibt freilich die Anlage eines guten Blitzableiters.

13. Blitzschläge in Bäume. Die Zerstörungen an Bäumen bestehen fast immer in Abschälungen der Rinde, was durch schnelle Dampfbildung innerhalb der Kambialschicht zu erklären ist. Nur da, wo die Rinde eine größere Festigkeit besitzt, entstehen Risse wie „mit scharfem Instrument“ eingeschnitten. Diese Wirkungen sind meist unterhalb der Krone am stärksten sichtbar, was dadurch erklärt wird, daß die Entladung eine durch die kleineren Zweige und Aeste ver-

Digitized by Google

theilte ist, welche deshalb im Zusammenfluß unterhalb der Krone mit verstärkter Intensität bei verhältnißmäßig kleinerem Querschnitt der leitenden Schichten vor sich geht und die größere Wirkung hat. Die Annahme von Blitzen, welche nach der Erde zu stark verzweigt sind, ist bereits durch mehrere von *Arago* gesammelte Fälle als zulässig erwiesen und hat kürzlich durch die von *Robert Haensel* in Reichenberg in Böhmen hergestellten photographischen Darstellungen von Blitzen weitere Bestätigung erfahren. *E. W.*

J. Freyberg. **Die Blitzgefahr der sächsischen Schweiz.** Jahrbuch des Gebirgsvereins für die sächsisch-böhmische Schweiz. 1885, und Meteor. Zeitschrift. 1886. S. 95.

Der Verf. benutzte für seine Zusammenstellungen die Akten der Landes-Immobiliar-Brandversicherungsanstalt für die Amtshauptmannschaft Pirna aus den Jahren 1859—1882. Er findet die Blitzgefahr (d. h. die Zahl der von 1000 000 getroffenen Gebäude) für die Amtshauptmannschaft Pirna zu 207, Bautzen zu 268, Dresden-Neustadt zu 402, Dippoldiswalde zu 560. Die geringe Blitzgefahr in der sächsischen Schweiz (A. H. Pirna) führt Verf. auf die Lage der Ortschaften in Thälern und den Waldreichthum zurück. Eine Zunahme der Blitzgefahr ist entgegen den in Nachbargebieten beobachteten Thatsachen hier nur in geringem Maß zu konstatiren. Das Verhältniß der Blitzgefahr für städtische zu derjenigen für ländliche Gebäude beträgt 1 : 2,25. Aeußerst ungünstig ist das Verhältniß der zündenden und kalten Blitze, da in Folge der vorherrschenden Strohdächer die Zahl der ersteren 64 % der Gesammtzahl ausmacht.

J. Freyberg. **Zur Blitzgefahr im Königreich Sachsen.** Elekrotechnische Zeitschrift. 1885. Septbr., und Meteor. Zeitschrift. 1886. S. 95.

Verf. zeigt anschließend an seine frühere Arbeit (Zeitschrift d. österr. Ges. f. Meteor. 1885. S. 240) die Zunahme der Blitzgefahr im Königreich Sachsen, die viel merklicher ist als in Bayern und in der Provinz Sachsen. Die säkulare Aenderung der Blitzgefahr erfolgt hierbei in allen drei Gebieten völlig parallel. Nachfolgende Tabelle giebt im Auszug diese Aenderung der Blitzgefahr im Königreiche Sachsen wieder.

	Blitzgefahr	Procentantheil der Blitze
1859—1868	130	60 %
1869—1878	188	47 »
1879—1884	278	33 » .

Die Blitzgefahr hat sich demnach seit dem Anfang der sechziger Jahre mehr als verdoppelt und zwar zum größten Theil in Folge der Zunahme der kalten Schläge. Daneben ist sehr ausgeprägt das abwechselnde Zu- und Abnehmen der Blitze im Laufe der Jahre, welches jedoch hier keineswegs auf einen Zusammenhang der Häufigkeit derselben zu derjenigen der Sonnenflecken hinweist.

P. Andries. **Ueber die Ursache der zunehmenden Zahl der Blitzschläge.** *Petermann*'s Mittheilungen. 32. 55, und „Der Naturforscher. 1886. Nr. 11. S. 121 und 122.

Der Verf. meint, daß als Hauptursache der zunehmenden Blitzgefahr die in den letzten 50 Jahren stattgefundene enorme Vermehrung der Fabriken, Lokomotiven, Dampfschiffe, kurz aller Einrichtungen, die die Atmosphäre mit Rauch, Dämpfen und Staubtheilchen aller Art erfüllten, zu betrachten ist. — Nach den

Digitized by Google

neueren Anschauungen über die Entstehung der Gewitterelektricität betrachtet man meistens die Reibung als Hauptquelle der Gewitterelektricität. Wirken bei dergleichen Reibungen zwischen verschiedenen in der Atmosphäre befindlichen Stoffen auch noch Staubtheilchen mit, so wird dadurch die Elektricitätsentwickelung sehr gesteigert, wie dies am besten die Gewitter bei Vulkanausbrüchen beweisen, wo neben dem Wasserdampf auch feine Aschenbestandtheile massenhaft ausgeworfen werden und wodurch die Gewitter einen außerordentlich heftigen Charakter annehmen.

In Betreff dieser Reibung als Hauptquelle der Elektricität geht nun Verf. mit *Faye* und *Luvini* noch weiter, insofern er bei den Gewittern auch eine Wirbelbewegung statuirt, die eben diese Reibung bei weitem intensiver und daher viel wirkungsvoller macht als ohne diese Bewegung. (Eine Annahme, die auch von Anderen, z. B. *Planté*, schon früher ausgesprochen wurde.)

Er behauptet, daß die ebenso rasche wie enorme und langdauernde Elektricitätsentladung bei Gewittern ohne eine rein mechanische Ursache, d. h. Wirbelbewegung, nicht erklärt werden kann.

Außer dieser Vermehrung der Elektricitätsmengen wirkt ein Staubgehalt der Luft aber noch in anderer Weise. *Nahrwold* hat nämlich nachgewiesen, daß das Vorhandensein fester Körperchen in der Luft die Leitung der Elektricität sehr erleichtert. Es wird also auch der elektrische Funke leichter zur Erde überspringen, anstatt von einer Wolke zur andern. Es erklärt sich hieraus auch die schon in alten Zeiten bekannte Vorsichtsmaßregel, bei einem herannahenden Gewitter das Feuer in den Herden und Oefen ausgehen zu lassen.

Der obige Versuch einer Erklärung der größeren Heftigkeit der Gewitter und der zunehmenden Blitzgefahr findet eine Bestätigung in den Beobachtungen früherer Zeiten. Im Sommer 1783 war über ganz Europa ein dichter Staubnebel verbreitet, den man mit gutem Grunde mit den äußerst heftigen Vulkanausbrüchen auf der Insel Island und in Kalabrien in Verbindung brachte. Man bemerkte allemal einige Abnahme des Nebels nach Gewittern, und glaubte ihn, wegen der zahlreichen und heftigen Gewitter, die sich durch häufiges Einschlagen auszeichneten, elektrisch nennen zu können.

Die größere Zahl und die Heftigkeit der Gewitter der Jetztzeit hat neben ihren mannigfachen üblen Folgen auch eine gute, nämlich die Reinigung der Luft von Staubtheilchen. Das Gewitter stellt gewissermaßen eine große Luftreinigungsmaschine dar.

Im vergangenen Jahr machte *Lodge* sehr interessante und wichtige Versuche über das Niederschlagen von Rauch in geschlossenen Räumen vermittelst Elektricität. Er füllte ein Gefäß durch Verbrennen eines Magnesiumdrahtes mit dichtem Magnesiarauch und ließ dann durch das Gefäß einen elektrischen Strom gehen. Der Rauch begann sofort herumzuwirbeln und ballte sich dann zu großen Flocken und Ketten zusammen, die fast augenblicklich auf dem Boden und den Wänden des Gefäßes sich niederschlugen, so daß das Gefäß ganz frei von Rauch war. Während beim gewöhnlichen Verlauf verschiedene Stunden zum Niederschlagen des Rauchs erforderlich waren, erfolgte dieser Niederschlag vermittelst Elektricität in wenigen Sekunden. Der gleiche Erfolg fand statt, wenn das Gefäß mit irgend einer anderen Art von Rauch angefüllt war. Große mit dichtem Rauch angefüllte

Digitized by Google

Zimmer wurden auf obige Weise in kürzester Zeit von diesem Rauch vollständig gereinigt.

Wir sehen also, daß die Natur im Gewitter gewissermaßen einen Regulator geschaffen, der die Aufgabe hat, die normalen Verhältnisse in der Atmosphäre immer wieder herzustellen; diese Aufgabe beschränkt sich nicht bloß auf den Niederschlag von Staub, sondern besteht auch in einer Ausgleichung anomaler Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse.

C. E. Ney. **Ueber den Einfluß des Waldes auf das Klima.** Deutsche Zeit- und Streitfragen. 1886. Neue Folge. Erster Jahrgang. Heft 5.

Bühler. **Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer.** Das Wetter. Meteorologische Monatsschrift von *R. Assmann.* 1886. S. 154—158.

C. E. Ney. **Der vegetative Wärmeverbrauch und sein Einfluß auf die Temperaturverhältnisse.** Meteor. Zeitschrift. 1886. S. 129.

A. Woeikof. **Die Schneedecke, deren Einfluß auf Klima und Wetter und die Hilfsmittel ihrer Erforschung.** Sapiski der k. russ. geogr. Ges. 1885. XV. Nr. 2. (Russisch.)

Th. Nördlinger. **Die Beobachtungszeiten für die täglichen Aufzeichnungen an den forstlich-meteorologischen Stationen.** Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. 1886. S. 313—319.

R. Lauterburg. **Anleitung zur annähernden Berechnung der Quellen- und Stromabflußmengen aus der Größe und Beschaffenheit der bezüglichen Thalgebiete.** Dritte Aufl. Bern. 1885. Huber & Co. (H. Körber).

Digitized by Google

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XXXVIII. Untersuchungen über die Wasserkapacität der Bodenarten.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

(Zweite Mittheilung.)

Während in der ersten Mittheilung[1]) über obigen Gegenstand ausschließlich der Einfluß des Gefüges auf die von dem Boden, bei homogener Beschaffenheit desselben, festgehaltenen Wassermengen berücksichtigt wurde, ist die vorliegende Abhandlung dazu bestimmt, die Wirkungen gewisser äußerer Faktoren (Wärme und Frost) und der Beschaffenheit der tieferen Schichten auf die Wasserkapacität der Oberkrume darzulegen. Wie im Voraus bemerkt sein mag, wurde in vorliegenden Versuchen, mit Ausnahme derjenigen der Reihe V, das Wasserfassungsvermögen der Bodenarten in der obersten 10 cm hohen Schicht einer 1 m hohen Erdsäule bestimmt nach der in der letzten Publikation des Referenten angegebenen Methode[2]). Die Zahlen geben hiernach die kleinste Wasserkapacität und zwar in Volumprocenten an.

Versuchsreihe IV.

Einfluß der Temperatur auf die Wasserkapacität der Bodenarten.

Der Einfluß, den die Temperatur auf die Wasserkapacität des Bodens ausübt, war zuerst von *F. Haberlandt*[3]) untersucht worden und zwar

[1]) Diese Zeitschrift Bd. VIII. 1885. S. 177—205.

[2]) Ibid. S. 197.

[3]) Wissensch.-prakt. Unters. a. d. Geb. des Pflanzenbaues. Bd. I. 1875. S. 14.

Digitized by Google

dadurch, daß mit sehr feiner Erde gefüllte Glascylinder mit ihrem unteren, durch Leinwand geschlossenen Ende einige Linien tief in Wasser getaucht wurden, dessen Temperatur in verschiedener Höhe konstant erhalten wurde. Die Gefäße wurden von der Wasserfläche entfernt, nachdem das Wasser die Oberfläche der 6—8 cm hohen Erdsäule erreicht hatte. Die ermittelten Daten entsprechen sonach der größten oder vollen Wasserkapacität der betreffenden Erdart und sind in Gewichtsprocenten ausgedrückt. Es ergab sich

bei	15 °C.	eine	Wasseraufnahme von	53,1 %,
»	20 »	»	»	52,6 »
»	32 »	»	»	51,8 »
»	50 »	»	»	47,7 »
»	100 »	»	»	46,2 »

daher vom kochenden Wasser um 6,9 % weniger aufgenommen wurde als von dem, welches 15 °C. zeigte.

In einem anderen, mit humusreichem Lehmmergel und humusarmem Lehm-Kalkmergel angestellten Versuch[1]) ergaben sich ähnliche Unterschiede, wie folgende Zahlen darthun:

	Wasseraufnahme (Gew.-Proc.)	
Temperatur	Lehmmergel	Kalkmergel
15 °R.	65,6 %	46,4 %
60 »	47,2 »	33,8 » .

Bei höherer Temperatur war also die Wasserkapacität der Erden um 18,4 resp. 12,6 % geringer.

H. von Klenze[2]) führte seine Versuche ebenfalls in Glasröhren aus, ließ aber nicht das Wasser von unten nach oben kapillar aufsteigen, sondern führte dasselbe von oben her zu, bis dasselbe unten abtropfte. Er setzte ferner das Versuchsmaterial und das Wasser der betreffenden, auf konstanter Höhe erhaltenen Temperatur so lange aus, bis sie letztere angenommen hatten. Die Resultate (volle oder größte Wasserkapacität in Gewichtsprocenten) sind folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

[1]) Landw. Versuchsstationen. Bd. VIII. S. 458.
[2]) Landw. Jahrbücher 1877. Heft 1.

Digitized by Google

Bodenart	Korngröße mm	Fest eingefüllt bei 5° C. %	Fest eingefüllt bei 35° C. %	Fest eingefüllt Differenz %	Locker eingefüllt bei 5° C. %	Locker eingefüllt bei 35° C. %	Locker eingefüllt Differenz %
Sandboden I.	> 6,75	6,03	4,12	−1,91	4,65	4,00	−0,65
» II.	4,0—6,75	12,15	11,13	−1,02	12,02	8,27	−3,75
» III.	2,5—4,0	24,61	23,80	−0,81	27,90	24,02	−3,88
» IV.	0,74—2,5	25,48	24,07	−0,88	29,14	27,72	−1,42
» V.	0,3—0,74	27,53	23,65	−3,88	29,44	28,74	−0,70
Quarzsand II.	4,0—6,75	14,85	12,26	−2,59	12,42	7,82	−4,60
» III.	2,5—4,0	22,49	21,45	−1,04	26,60	23,19	−3,41
» IV.	0,74—2,5	24,01	23,77	−0,24	28,08	26,63	−1,45
» V.	0,3—0,74	26,34	26,28	−0,06	28,91	26,88	−2,03
Quarzpulver	< 0,3	28,67	27,36	−1,31	30,66	29,26	−1,40
Kalksand V.	0,3—0,74	27,58	27,54	−0,04	31,52	30,37	−1,15
Marmorpulver	< 0,3	26,08	25,90	−0,18	29,59	29,09	−0,50
Kaolin	< 0,3	66,02	62,93	−3,09	69,67	65,97	−3,70
Torf	< 0,3	118,18	126,66	+8,48	158,65	172,11	+13,46

Hiernach war im Allgemeinen die Wasserkapacität bei höherer Temperatur kleiner als bei niedriger; nur bei dem Torf fand das Umgekehrte statt. Auch scheint der geschilderte Einfluß der Temperatur sich bei lockerer Lagerung der Bodentheilchen in stärkerem Grade zu äußern als bei dichter.

In den Versuchen des Referenten wurden je zwei Röhren mit der betreffenden Bodenart beschickt, von denen die eine in einem Keller bei 4—5° C., die andere in einem gleichmäßig temperirten Zimmer bei 26—28° C. aufgestellt war. Die Bestimmung der (kleinsten) Wasserkapacität erfolgte nach dem früher beschriebenen Verfahren[1]). Es wurde Folgendes ermittelt:

Bodenart	Kleinste Wasserkapacität in Volumprocenten bei 4—5° C.	bei 26—28° C.	Differenz
Quarzsand, unveränderter	5,35	4,80	0,55
» 0,0—0,25 mm Korngröße	11,13	8,94	2,19
Kalksand, unveränderter	18,13	16,91	1,22
» 0,01—0,071 mm Korngröße	36,51	33,93	2,58
» 0,071—0,114 mm »	13,18	11,23	1,95
» 0,114—0,171 mm »	10,43	8,45	1,98

[1]) a. a. O.

Digitized by Google

Bodenart	Kleinste Wasserkapacität in Volumprocenten bei 4—5° C.	bei 26—28° C.	Differenz
Lehm, krümelig	23,47	20,48	2,99
» pulverförmig	42,52	40,58	1,94
Ackererde[1]), krümelig	36,85	33,02	3,83
» pulverförmig	50,24	46,79	3,45.

In Uebereinstimmung mit den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen ergiebt sich aus diesen Zahlen, daß die Wasserkapacität des Bodens um so geringer ist, je höher die Temperatur desselben.

Die Ursache dieser Erscheinung beruht zunächst darauf, daß die Adhäsion, mit welcher die einzelnen Bodentheilchen das Wasser auf ihrer Oberfläche festhalten, mit steigender Temperatur abnimmt. Es wird daher das Wasser von dem Zeitpunkte ab abzufließen beginnen, von welchem an durch eine höhere Temperatur das Gleichgewicht zwischen der Flächenattraktion und der Schwerkraft zu Gunsten der letzteren aufgehoben worden ist. Diese Störung des Gleichgewichtszustandes wird zuerst in den weitesten Hohlräumen eintreten, selbst bei einer geringeren Temperaturerhöhung, während sich derselben in dem Grade, als der Durchmesser der Hohlräume sich vermindert, um so größere Widerstände entgegenstellen oder eine um so höhere Wärmezunahme erforderlich ist, um eine gleiche Wirkung hervorzubringen. Hieraus wird gefolgert werden dürfen, daß die durch die Temperatur bewirkten Aenderungen in der Wasserkapacität der Böden um so stärker hervortreten werden, je grobkörniger der Boden ist. Einige Anhaltspunkte finden sich hierfür in den oben mitgetheilten Zahlen. Setzt man in den Versuchen von *H. v. Klenze* und dem Referenten die Wasserkapacität bei niedriger Temperatur = 100, dann betrug diejenige bei höherer Temperatur:

	Korngröße mm	feste Einfüllung	lockere Einfüllung
Sandboden I.	> 6,75	68,3	86,0
» II.	4,0—6,75	91,6	68,8
» III.	2,5—4,0	96,7	86,1
» IV.	0,74—2,5	94,5	95,1
» V.	0,3—0.74	85,8	97,6

[1]) Humoser Kalksandboden.

Digitized by Google

	Korngröße mm	feste Einfüllung	lockere Einfüllung
Quarzsand II.	4,0—6,75	82,6	62,9
» III.	2,5—4,0	95,4	87,2
» IV.	0,74—2,5	99,0	948
» V.	0,3—0,74	99,7	93,0
Kalksand I.	0,114—0,171	81,0	—
» II.	0,071—0,114	85,2	—
» III.	0,010—0,071	92,9	—
Lehm	krümelig	—	87,3
»	pulverförmig	—	95,4
Ackererde	krümelig	—	89,6
»	pulverförmig	—	93,1

Abgesehen von einigen Abweichungen[1]) sprechen diese Zahlen deutlich dafür, daß die durch höhere Temperaturen bewirkte Verminderung der Wasserkapacität des Bodens relativ in um so stärkerem Grade hervortritt, je gröber die Bodenporen sind.

Zur Erklärung der oben näher charakterisirten Thatsache ist weiters der Umstand heranzuziehen, daß die einzelnen Bodentheilchen und das Wasser bei höherer Temperatur einer sehr ungleichen Volumveränderung unterworfen sind. Indem das Wasser sich verhältnißmäßig mehr ausdehnt, als die erdigen Bestandtheile, muß hierdurch eine Erweiterung der Kapillarröhrchen und ein erleichterter Abfluß des in denselben mit verminderter Kraft zurückgehaltenen Wassers veranlaßt werden. In Uebereinstimmung hiermit steht auch die von *Haberlandt* gemachte Wahrnehmung, daß das überschüssige Wasser aus erwärmtem Boden rascher abläuft als aus nicht erwärmtem.

F. Haberlandt legt der Aenderung der Wasserkapacität durch die Wärme einen wesentlichen Einfluß auf das Pflanzenwachsthum bei, indem er annimmt, daß die Wurzeln der Landpflanzen das im Boden befindliche, unter dem Einfluß von Adhäsionskräften stehende kapillare Wasser, auf

[1]) Diese Abweichungen sind dadurch bedingt, daß die Füllung der beiden Röhren, welche in jedem einzelnen Versuch in Vergleich gezogen wurden, bei größter Sorgfalt nicht so gleichmäßig erfolgen konnte, wie es zur Gewinnung absolut zutreffender Daten erforderlich gewesen wäre. Nichtsdestoweniger sind die mitgetheilten Zahlen wohl geeignet, die im Text aufgestellte Gesetzmäßigkeit zu begründen.

Digitized by Google

welches sie angewiesen sind, um so leichter aufnehmen werden, mit einer je geringeren Kraft dasselbe festgehalten wird.

«Wenn sich auch verschiedene Pflanzenwurzeln in dieser ihrer Leistungsfähigkeit verschieden verhalten mögen, so folgt doch aus dem Früheren unzweifelhaft, daß sie dasselbe vollständiger aus einem erwärmten als einem kälteren Boden entnehmen können, daß sie in einem kalten Boden weniger Wasser in derselben Zeit werden aufzunehmen vermögen als aus einem wärmeren Boden desselben Feuchtigkeitsgehaltes. Es ist durch Versuche nachgewiesen worden, wie gewisse Pflanzen ohne eine Aenderung der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens bei sinkender Bodentemperatur welken, bei steigender Bodenwärme wieder ihr frisches straffes Aussehen annehmen, und ist dabei gewiß die verschieden große Wasserkapacität des kälteren und wärmeren Bodens nicht ohne Einfluß geblieben, wenngleich bei der Mittheilung dieser Versuche hierauf nicht ausdrücklich hingewiesen worden ist. Es ist keine Frage, daß diese in Rede stehende Eigenschaft des Bodens dem Pflanzenwuchse entschieden günstig ist. Gerade zur Zeit der lebhaftesten Vegetation, mit Beginn des Sommers, nimmt der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in der Regel ab; indem nun seine Temperatur in dieser Jahreszeit in fortwährendem Steigen, seine Anziehungskraft gegenüber dem Wasser daher in fortwährendem Sinken ist, wird es den Pflanzen um so leichter gemacht, den größeren Theil des kapillaren Bodenwassers ihren eigenen Zwecken dienstbar zu machen.»

Versuchsreihe V.

Einfluß des Frostes auf die Wasserkapacität der Bodenarten.

Ueber die Wirkung des Frostes auf die Wasserkapacität des Bodens liegt eine Beobachtung von *J. Sachs*[1]) vor, nach welcher humoser Boden durch Gefrieren und Aufthauen in bezeichneter Eigenschaft eine auffallende Veränderung erleidet. Völlig gesättigte Humuserde, welche vor ihrem Gefrieren nach stundenlangem Stehen in einer Temperatur von 0° keinen Tropfen Wasser mehr abgab, ließ eine nicht unbeträchtliche Menge Wasser aufs Neue abfließen, nachdem dieselbe eine Nacht hindurch dem Gefrieren ausgesetzt und hierauf in eine Temperatur von 10—12° R. zum Aufthauen gebracht worden war[2]). *J. Sachs* folgerte hieraus, daß sich die

[1]) Landw. Versuchsstationen Bd. II. S. 193.

[2]) Der humose Boden enthielt bei 0° vor dem Gefrieren in 100 Theilen

Digitized by Google

Wasserkapacität der Erde durch das Gefrieren vermindert habe und dadurch ein Theil des absorbirten Wassers bei dem Aufthauen abgestoßen worden sei.

F. Haberlandt[1]) ist der Meinung, daß diese Erklärung des geschilderten Vorganges nicht zutreffend sei, insofern derselbe der Wirkung der höheren Temperatur bei dem Aufthauen ausschließlich zuzuschreiben sei, weil man die Sättigung bei niedriger Temperatur (von nahe 0°), das Aufthauen bei höherer Wärme bewirkt, und somit der Boden, nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen im ersteren Fall an sich, ohne das Hinzutreten des Frostes, eine höhere Wasserkapacität besessen habe als im letzteren. Es hätte sich daher ein ähnliches Resultat ergeben müssen, wenn man die bei einer Temperatur von 0° gesättigte Bodenprobe ohne Weiteres in eine solche von 10 — 12° gebracht hätte.

Um die Richtigkeit dieser Anschauung zu prüfen, wurden im Winter 1885/86 kubische Zinkgefäße von 1 Liter Inhalt mit verschiedenen Bodenarten im feuchten Zustande dem Frost und späterhin dem Aufthauen ausgesetzt. Die Versuchsanordnung war folgende. Der durchlöcherte Boden der Gefäße wurde vor dem Einfüllen mit grober Gaze bedeckt, um das Hindurchfallen des Bodenmaterials zu hindern. Letzteres wurde schichtenweise, im dichten Zustande bei den pulverförmigen, im lockeren Zustande bei den krümeligen Erdarten bis zum Rande der Gefäße eingefüllt und oberflächlich geebnet. Hierauf wurden die Apparate bei Zimmertemperatur (15 — 17° C.) auf eine Wasserfläche gestellt, so daß sich die Böden bis zur Oberfläche kapillar vollsaugen konnten, und in dieser Lage so lange belassen, bis durch eine öfters vorgenommene Wägung, nach dem Abtropfen des überschüssigen Wassers, eine Gewichtszunahme nicht mehr beobachtet werden konnte. Jedes Gefäß wurde alsdann auf einen unten und seitwärts geschlossenen, 5 cm hohen Zinkkasten, der sich mit seinen seitlichen etwas übergreifenden Rändern eng an die Außenwand der Bodengefäße anschloß, gesetzt, oberflächlich zur Verhütung der Verdunstung durch überstehende Glasplatten bedeckt und im Freien während frostiger Witterung, geschützt gegen Schnee und Regen, aufgestellt. Um die Einwirkung des Frostes zu beobachten, wurden die

Trockenmasse 108,8 Theile Wasser, nach dem Aufthauen enthielt er 102,8 Theile Wasser, demnach hatte sich die Wasserkapacität um 6 Procent vermindert.

[1]) Landw. Versuchsstationen. Bd. VIII. S. 462.

Digitized by Google

Apparate bei der beschriebenen Ausrüstung in das Zimmer gebracht, die nach dem Aufthauen (bei 15—17° C.) in das untergeschobene Zinkgefäß abgelaufene Wassermenge durch Wägen bestimmt und aus den Gewichtsbestimmungen die Verminderung der Wasserkapacität berechnet. Wie man sieht, war der von *Haberlandt* gerügte Fehler in den *Sachs*'schen Versuchen durch die gewählte Anordnung vollständig vermieden.

Die erste Periode der Frostwirkung dauerte vom 2.—8. Februar 1886. Nach erfolgtem Aufthauen und Abfluß des Wassers wurden die Apparate vom 10.—20. Februar einer nochmaligen Frostwirkung ausgesetzt. Nachdem nunmehr die Wasserkapacität festgestellt worden war, wurden die Böden neuerdings in der beschriebenen Weise mit Wasser gesättigt und während der Zeit vom 25. Februar bis 5. März ins Freie gebracht.

Die Lufttemperatur während der Versuchsdauer stellte sich nach den Aufzeichnungen der meteorologischen Centralstation in München[1]) wie folgt:

Datum	Lufttemperatur (° C.)					
	8 h	2 h	8 h	Min.	Max.	Mittel aus beiden
2. Februar	—0,4	1,1	—1,3	— 1,3	3,9	1,30
3. »	—1,6	1,5	—1,7	— 3,1	2,3	—0,40
4. »	—2,9	—0,7	—2,7	— 3,5	—0,7	—2,10
5. »	—4,2	—1,5	—3,7	— 6,9	—0,3	—3,60
6. »	—5,5	—4,0	—4,7	— 6,2	—2,9	—4,55
7. »	—8,1	—4,6	—6,7	— 9,9	—4,1	—7,00
8. »	—8,3	—4,9	—7,5	—10,0	—4,1	—7,05
10. Februar	—5,9	—2,8	—5,5	—9,0	—2,5	—5,75
11. »	—4,4	—2,5	—3,7	—6,4	—1,8	—4,10
12. »	—3,9	—2,3	—2,7	—4,6	—1,9	—3,25
13. »	—2,6	—2,5	—3,5	—3,7	—2,3	—3,00
14. »	—4,1	—2,9	—2,9	—5,0	—2,6	—3,80
15. »	—5,5	—2,5	—3,7	—6,5	—2,2	—4,35
16. »	—2,9	—0,5	—0,7	—4,6	0,5	—2,05
17. »	—3,1	—0,1	—1,1	—3,5	0,5	—1,50
18. »	—2,5	—1,1	—1,5	—3,2	—0,8	—2,00
19. »	—2,1	—0,3	—1,5	—3,3	0,0	—1,65
20. »	—7,3	—0,9	—3,2	—8,8	—0,5	—4,65

[1]) *C. Lang* und *F. Erk*. Beobachtungen der met. Station. im Königreich Bayern. Jahrgang VIII. München 1886.

Digitized by Google

Datum	Lufttemperatur (° C.)					
	8 h	2 h	8 h	Min.	Max.	Mittel aus beiden
25. Februar	—3,7	3,7	—0,1	— 4,2	4,2	0,00
26. »	—2,1	5,9	2,1	— 4,0	7,6	1,80
27. »	—1,5	1,3	—0,3	— 2,0	2,1	0,05
28. »	—2,9	—1,5	—3,7	— 4,3	—0,3	—2,30
1. März	—7,3	—3,1	—7,9	— 8,2	—1,9	—5,05
2. »	—7,9	4,3	2,7	—11,0	5,7	—2,65
3. »	4,9	0,6	—0,5	—10,5	5,0	2,25
4. »	—4,7	—0,5	—2,7	— 6,8	—0,1	—3,45
5. »	—6,1	2,5	—0,1	— 9,2	2,9	—3,15

Die Bestimmungen der Wasserkapacität der Böden lieferten folgendes Resultat:

I.

Bodenart	Wasserkapacität (Vol.-Proc.)					
	Vor dem Frost	Nach dem I. Frost (2.-8./II)	Nach dem II. Frost (10.-20./II)	Differenz	Relatives Verhältniß	
					vor dem Frost	Nach dem Frost
Kalksand, 0,071-0,114 mm	40,40	39,26	39,13	—1,27	100	96,8
» 0,114-0,171 »	41,43	38,49	38,33	—3,10	100	92,5
Quarzsand	29,10	27,67	27,37	—1,73	100	94,0
Lehm, pulverförmig	44,30	38,95	38,58	—5,72	100	87,1
» krümelig	37,40	28,29	28,19	—9,21	100	75,4
Ackererde[1]), krümelig	43,25	42,41	42,41	—0,84	100	98,0

II.

(25./II—5./III.)

Kalksand, 0,071-0,114 mm	39,90	39,28	—	—0,62	100	98,4
» 0,114-0,171 »	39,38	37,99	—	—1,39	100	96,4
Quarzsand	29,20	27,63	—	—1,57	100	94,6
Lehm, pulverförmig	41,10	39,90	—	—1,20	100	97,1
» krümelig	35,30	33,58	—	—1,72	100	94,8
Ackererde, krümelig	45,25	43,90	—	—1,25	100	97,0

[1]) Humoser Kalksandboden.

Digitized by Google

Sieht man zunächst von Nebenumständen ab, so vermitteln diese Zahlen die Thatsache, daß durch das Gefrieren des Bodens die Wasserkapacität desselben herabgesetzt wird.

Die Wirkung des Frostes auf den Boden ist zunächst darauf zurückzuführen, daß das zu Eis gefrierende und sich hierbei ausdehnende Wasser die Bodentheilchen auseinander treibt und den Boden in einen Zustand des größeren Volumens versetzt, in welchem er auch nach dem Aufthauen in mehr oder minderem Grade verharrt. Die Bodenporen werden also erweitert und dadurch das Wasserfassungsvermögen des Erdreichs vermindert, weil, wie bei einer anderen Gelegenheit gezeigt[1]), dasselbe innerhalb gewisser Grenzen in umgekehrtem Verhältniß zum Durchmesser der Poren steht.

Es ist außerdem sehr wahrscheinlich, daß fragliche Erscheinung in Bezug auf die humosen und besonders thonigen Bestandtheile des Bodens auf einer Molekularveränderung derselben beruht. Mit Sicherheit kann wohl angenommen werden, daß die koagulirbare Thonsubstanz durch das Gefrieren eine ähnliche Veränderung erleidet wie z. B. Stärkekleister, der bekanntlich nach dem Gefrieren und Wiederaufthauen Wasser ausscheidet, während die festen Theile ein Gerinnsel bilden.

Von größerer Bedeutung für die Verminderung der Wasserkapacität der Böden unter den hier vorliegenden Verhältnissen dürfte die in sehr feinkörnigen und vornehmlich thonigen Erdarten durch den Frost bewirkte Krümelbildung sein. Es ist den praktischen Landwirthen hinlänglich bekannt, daß der in rauher Furche dem Winterfrost ausgesetzte schwere Boden, selbst wenn er im Hersbt eine fest zusammenhängende Masse bildete, eine lockere, krümelige Beschaffenheit erhält, wie solche in gleicher Vorzüglichkeit sich mit den Ackerwerkzeugen nur äußerst selten herbeiführen läßt. Diese Beobachtung gelangt dadurch bei den Praktikern zum Ausdruck, daß sie sagen: «wenn der Boden nicht ausfriert, wird die Ernte nicht reich».

Diese Förderung der Krümelbildung in thonigen oder thonhaltigen Böden läßt sich dadurch erklären, daß durch den Frost eine Schrumpfung der gerinnbaren Substanz eintritt, wobei, in ähnlicher Weise wie beispielsweise unter dem Einfluß von Aetzkalk[2]), die Bodentheilchen sich zu

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 197.

[2]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 441.

Digitized by Google

Aggregaten vereinigen. Da nun zwischen denselben größere, nicht kapillar wirkende Hohlräume entstehen, so erklärt sich die Herabminderung der Wasserkapacität durch den Frost in einfacher Weise durch das Auftreten größerer, für die Festhaltung von Wasser ungeeigneter Lücken zwischen den sich bildenden Aggregaten[1]).

Der beschriebene Vorgang dürfte durch die Ausdehnung des Wassers bei dem Gefrieren insofern unterstützt und gefördert werden, als die Aufhebung des Zusammenhanges der Bodenmasse vornehmlich von den in den größeren Poren enthaltenen Wassermassen ausgehen wird, weil die Volumvermehrung und der dabei ausgeübte Druck um so ergiebiger sind, je größer die gefrierenden Wassermengen. Die Zerklüftung des Erdreiches in Krümel oder Bröckchen wird also von den in den gröberen Lücken befindlichen Wassermassen ausgehen, während in den zwischen letzteren liegenden Bodenpartien der Zusammenhang zwischen den Partikeln mehr oder weniger bestehen bleibt, weil hier der durch das gefrierende Wasser ausgeübte Druck zu gering ist, und die gegenseitige Anziehung einen erheblichen Widerstand leistet.

Aus dem Mitgetheilten lassen sich nunmehr die Details in den betreffenden Naturerscheinungen sowohl als auch in den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen leichter übersehen.

Es ergiebt sich vor Allem aus diesen Darlegungen, daß die Frostwirkungen bei denjenigen Böden am durchgreifendsten und von dauerndem Einfluß sein werden, welche die Neigung zur Krümelbildung besitzen und den angenommenen Lockerheitszustand bewahren, während dieselben bei solchen Böden schwächer und nur von vorübergehendem Einfluß sein werden, welche nicht krümeln und nach dem Gefrieren in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren. Zu ersteren sind alle bindigen (thonhaltigen) und einige humusreichen, zu letzteren alle lockeren (sandhaltigen) und gleichzeitig humusarmen Böden zu rechnen. Beispiele hierfür liefern die mitgetheilten Versuchsergebnisse. Der Quarzsand war durch das Gefrieren in seinem Wasserfassungvermögen nicht geändert worden, denn er enthielt

	Wasser
vor den ersten beiden Frostwirkungen	29,10 Vol. %,
nach der hierauf folgenden Wiederanfeuchtung	29,20 » »

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 198 u. 202.

Digitized by Google

dagegen war die Wasserkapacität der beiden bindigen Bodenproben (krümeliger und pulverförmiger Lehm) in Folge der Frostwirkung dauernd vermindert, denn es betrug dieselbe

	Lehm krümelig	Lehm pulverförmig
vor den ersten beiden Frostwirkungen	37,40	44,30,
nach der hierauf folgenden Wiederanfeuchtung	35,30	41,10.

Daß bei diesen thonhaltigen, krümelnden Böden (Lehm) der Einfluß des Frostes auf das Wasserfassungsvermögen überdies weit größer ist als bei dem lockeren, nach dem Gefrieren in den Zustand der Einzelkornstruktur zurückkehrenden sandreichen Boden (Quarzsand), zeigt ein Vergleich der bezüglichen Werthe für die Wasserkapacitäten der Böden vor und nach sämmtlichen Frostwirkungen. Es betrug die

	Wasserkapacität (Vol.-Proc.) Vor dem Frost	Nach dem Frost	Differenz	Relatives Verhältniß vor dem Frost	nach dem Frost
Quarzsand . . .	29,10	27,63	— 1,47	100	94,9
Lehm, krümelig .	37,40	33,58	— 3,82	100	89,8
Lehm, pulverig . .	44,30	39,90	— 4,40	100	90,1.

Die beiden sehr feinen Kornsortimente des Kalksandes zeigen bezüglich der hier in Rede stehenden Wirkungen ein den bisher betrachteten Böden gegenüber mittleres Verhalten, weil sie wenig zur Krümelbildung neigen, andererseits aber auch nicht so leicht in den Zustand der Einzelkornlagerung zurückkehren wie der grobkörnigere Quarzsand.

Auffallend sind die bei dem humosen Kalksandboden ermittelten Werthe insofern, als im Gegensatz zu den bis dahin besprochenen Versuchsmaterialien die Wasserkapacität dieser Erdart nach den ersten beiden Frostwirkungen eine Erhöhung statt einer Verminderung erfahren hatte. Indessen läßt sich diese Thatsache aus der sehr lockeren Zusammenlagerung der die Krümel bildenden Bodentheilchen erklären. Die Aggregate waren so locker, daß sie bei Anwendung des geringsten Druckes in ihre Elemente zerfielen. Es läßt sich daher annehmen, daß, in Folge der geringen Bindigkeit des humosen Kalksandes und der überaus lockeren Beschaffenheit der Bodenbröckchen, durch den Frost eine theilweise Zerstörung letzterer stattfand und ein Theil der nicht kapillaren Hohlräume in kapillare übergeführt wurde. Aus letzterem Grunde mußte bei der Wiederanfeuchtung des zuvor der Frostwirkung ausgesetzten Bodens eine

Digitized by Google

Erhöhung der Wasserkapacität in die Erscheinung treten, weil dieselbe, wie früher nachgewiesen, bei krümeligen Böden zunimmt, in dem Grade die nicht kapillaren Hohlräume durch äußere Einwirkungen zerstört werden[1]).

Der Umfang, in welchem die Wirkungen des Frostes in der geschilderten Weise hervortreten, dürfte außer von der Beschaffenheit und Menge der Bodenkonstituenten auch von dem Wassergehalt des Bodens wesentlich mit abhängig sein. Die Veränderungen in der Lagerung der Bodentheilchen, welche der Frost hervorruft, werden in um so größerem Maßstabe hervortreten, je größer die eingeschlossenen Wassermengen sind, weil die den Zusammenhang der Bodenmasse störenden, bei dem Gefrieren des Wassers entstehenden Kräfte mit der Wassermenge an Intensität wachsen. Dazu kommt, daß eine Bewegung der Wassertheilchen nur bei einem höheren, über ca. 50 % der vollen Sättigungskapacität liegenden Feuchtigkeitsgehalt stattfindet[2]), woraus folgt, daß unter dieser Grenze die Zertrümmerung weit weniger durchgreifend sein wird als über derselben.

Schließlich wird nicht außer Acht gelassen werden dürfen, daß die Art des Auftretens der Fröste selbst für vorliegende Erscheinungen maßgebend sein wird. Ein öfterer Wechsel zwischen Frost und Aufthauen wird im Allgemeinen der Aufhebung im Zusammenhang der ganzen Bodenmasse förderlicher sein als ein während längerer Zeiträume andauerndes Gefrieren des Bodenwassers, denn es ist wohl anzunehmen, daß im ersteren Fall die Eisbildungen und die durch dieselben veranlaßten mechanischen Wirkungen einem größeren Wechsel unterliegen und hierdurch nachhaltiger in den Zertrümmerungsproceß eingreifen werden, als dies unter letzteren Verhältnissen der Fall ist. Allein es bleibt zu berücksichtigen, daß über eine gewisse Grenze hinaus ein zu häufiger Wechsel zwischen Gefrieren und Aufthauen schließlich einen so weit gehenden Zerfall des Erdreiches herbeiführen kann, daß dasselbe in seine Elemente zerfällt[3]), d. h. in den pulverförmigen Zustand übergeht und dadurch eine beträchtliche Erhöhung seiner Wasserkapacität erleidet.

---

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 199 u. 203.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 41.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 450.

Digitized by Google

Bei Zusammenfassung sämmtlicher Versuchsresultate und Erwägungen ergiebt sich:

1. daß die Wasserkapacität der Böden durch das Gefrieren des Wassers in denselben im Allgemeinen vermindert wird;

2. daß diese Wirkungen bei allen leicht in den Zustand der Einzelkornstruktur verfallenden, grobkörnigen, sandreichen, humusarmen Bodenarten vorübergehend sind, bei allen zur Krümelbildung neigenden (feinkörnigen, thonreichen, humusreichen) Bodenarten dagegen die Beschaffenheit des Erdreiches dauernd verändern;

3. daß der Frost in der ad 1 geschilderten Weise seinen Einfluß in um so stärkerem Grade äußert, je größer der Wassergehalt des Bodens ist und je öfter derselbe innerhalb gewisser Grenzen mit Aufthauen wechselt;

4. daß, in Bezug auf dauernde Wirkung des Frostes, bei krümeligen Böden unter Umständen eine Erhöhung der Wasserkapacität in Folge des Gefrierens des Bodenwassers beobachtet wird, wenn die Aggregate bei zu lockerer Lagerung (geringer Bindigkeit des Erdreichs) oder bei zu häufigem Wechsel zwischen Frost und Thauwetter in ihre Elemente zerfallen.

Versuchsreihe VI.

Einfluß des Untergrundes auf die Wasserkapacität der Bodenarten.

In dieser Versuchsreihe wurden Blechröhren von 4 cm Durchmesser und 70 cm Länge, deren oberes, 10 cm langes Stück abnehmbar war[1]), mit einer und derselben Bodenart oder in der Weise gefüllt, daß in einer bestimmten Tiefe lage ein Material von entgegengesetzter physikalischer Beschaffenheit und einer Mächtigkeit von 3 resp. 5 cm eingelagert wurde. Die Zufuhr des Wassers erfolgte von oben her und zwar so, daß man dasselbe in dünnem Strahl in ein auf das obere abnehmbare Röhrenstück aufgesetztes, sich an letzteres dicht anschließendes und zur Hälfte noch mit der betreffenden Erdart gefülltes, 10 cm hohes Glasrohr einführte. Mit der Zufuhr wurde aufgehört, sobald das Wasser anfing

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 187.

Digitized by Google

unten abzutropfen. Hierauf blieben die Apparate, nachdem dieselben zur Hintanhaltung der Verdunstung oben mit einer Glasplatte bedeckt worden waren, 36 Stunden lang stehen, worauf das abnehmbare Röhrenstück abgenommen wurde, indem man den Boden an den beiden Enden mit einem scharfen Blech durchschnitt. Die Erde wurde hierauf bei 105° C. getrocknet und der Wassergehalt (kleinste Wasserkapacität) danach auf das Volumen berechnet.

Versuch I.

Die Apparate wurden mit unverändertem Quarzsand[1]) gefüllt und mit einer 3 cm starken Lage von Lehmpulver (0—0,25 mm) in verschiedenen Tiefen durchschichtet. In der folgenden Tabelle sind die Profile angegeben, von oben nach unten.

Bodenart	I cm	II cm	III cm	IV cm	V
Quarzsand	10	20	30	40	Quarzsand (70 cm)
Lehmpulver	3	3	3	3	
Quarzsand	57	47	37	27	

Die kleinste Wasserkapacität des Quarzsandes stellte sich wie folgt:

I.	II.	III.	IV.	V.
32,28	**16,73**	**10,37**	**6,63**	**4,53.**

Versuch II.

In diesem Versuch wurde Lehmpulver (0—0,25 mm) mit einer 3 cm starken Lage vom grobem Quarzsand (1—2 mm) in verschiedenen Tiefen durchschichtet. Die Anordnung, resp. die Wasserbestimmungen sind folgenden Zahlen zu entnehmen.

---

[1]) Nach der mechanischen Analyse zeigte der Quarzsand folgende Zusammensetzung:

	Maschenweite der Siebe			Maschenweite der Siebe	
Mittelkies	2,50 mm	0,15 %	Mittelsand	0,25 mm	42,15 %
Feinkies	1,00 »	6,45 »	Feinsand	— »	9,74 »
Grobsand	0,50 »	40,40 »	Abschlämmb. Theile	— »	1,11 »

Digitized by Google

Profile (von oben nach unten).

Bodenart	I cm	II cm	III cm	IV cm	V
Lehmpulver	10	20	30	40	Lehmpulver (70 cm)
Quarzkies	3	3	3	3	
Lehmpulver	57	47	37	27	

Die kleinste Wasserkapacität des Lehms wurde wie folgt ermittelt:

I.	II.	III.	IV.	V.
43,78	**43,59**	**43,36**	**42,78**	**42,68.**

Versuch III.

Profile
(von oben nach unten).

Bodenart	I cm	Bodenart	II cm	III
Quarzsand	32,5	Quarzsand	32,5	Quarzsand (70 cm)
Lehmpulver	5,0	Eisenoxydhydrat[1])	5,0	
Quarzsand	32,5	Quarzsand	32,5	

Folgende Zahlen geben die Werthe für die kleinste Wasserkapacität des Quarzsandes an:

I.	II.	III.
17,87	**17,12**	**5,14.**

Versuch IV.

Profile
(von oben nach unten).

Bodenart	I cm	Bodenart	II cm	III
Kalksand[2])	32,5	Kalksand	32,5	Kalksand (70 cm)
Quarzkies (1-2 mm)	5,0	Lehmpulver	5,0	
Kalksand	32,5	Kalksand	32,5	

Die Bestimmungen der kleinsten Wasserkapacität des Kalksandes lieferten folgendes Resultat:

I.	II.	III.
20,27	**29,35**	**23,05.**

[1]) Pulverförmig (0—0,25 mm).
[2]) Pulverförmig (0—0,25 mm).

Digitized by Google

Versuch V.
Profile.

Bodenart	I cm	Bodenart	II cm	III
Lehmpulver	32,5	Lehmpulver	32,5	Lehmpulver (70 cm)
Quarzkies (1–2 mm)	5,0	Quarzsand (0–0,5 mm)	5,0	
Lehmpulver	32,5	Lehmpulver	32,5	

In den beiden Parallelversuchen wurden die Werthe für die kleinste Wasserkapacität wie folgt ermittelt:

	I.	II.	III.
A.	**42,24**	**41,89**	**41,36**
B.	**43,30**	**42,77**	**42,62.**

In Ansehung der Versuche I und III ergiebt sich zunächst, daß die Wasserkapacität grobkörniger Böden (Quarzsand) durch Untergrundschichten, welche das Wasser nur langsam leiten (Lehm und Eisenoxydhydrat), selbst bei geringer Mächtigkeit letzterer (3—5 cm) beträchtlich erhöht wird, und zwar um so mehr, je näher jene Schichten unter der Oberfläche liegen.

Diese Thatsache erklärt sich leicht dadurch, daß in dem grobkörnigen Boden das von oben zugeführte Wasser mit großer Schnelligkeit abgeführt und nur in verhältnißmäßig geringen Quantitäten festgehalten wird, während es bei dem Vorhandensein einer aus feinkörnigem Material bestehenden Schicht in seiner Weiterbewegung gehemmt wird, weil letztere die Eigenschaft besitzt, das Wasser nur langsam zu leiten. Sie saugt sich mit Wasser voll und verlangsamt den weiteren Abfluß nach unten. Ein Theil des indessen weiter von oben her zufließenden Wassers sammelt sich daher auf der gesättigten Schichte an und erfüllt hier mehr oder weniger alle Hohlräume des Bodens. Je näher daher die feinkörnige Untergrundschichte zur Oberfläche liegt, um so stärker müssen die zu Tage tretenden Bodenpartien durchfeuchtet werden.

Bemerkenswerth für die Beurtheilung vorliegender Verhältnisse ist der Umstand, daß die Beeinflussung der Wasserkapacität der Böden durch schwer durchlässige Untergrundsschichten um so größer, je größer die Differenz in dem Verhalten zum Wasser in den in Vergleich kommenden Bodenarten ist und umgekehrt. Dies ergiebt sich deutlich, wenn man die bezüglichen Daten in

Digitized by Google

Versuch I Profil III u. V mit denen in Versuch IV Profil II u. III vergleicht.

	Homogen.	Quarzsand. Lehmschicht in 30 cm Tiefe.	Relatives Verhältniß.
Wasserkapacität:	4,53	10,37	1 : 2,29
		Kalksand.	
Wasserkapacität:	23,05	29,05	1 : 1,26.

Die Wasserkapacität des feinkörnigen Kalksandes hatte demnach eine sehr viel geringere Erhöhung durch die im Untergrunde befindliche Lehmschicht erfahren als der grobkörnige Quarzsand. Es erklärt sich dies aus dem bei einer anderen Gelegenheit[1]) ermittelten Gesetz, daß in geschichteten Böden der Uebertritt des Wassers aus einer Schicht in die andere um so mehr erschwert ist und um so eher aufgehoben wird, je weiter die übereinander gelagerten Schichten in der Feinheit ihrer Partikel und in ihren sonstigen Strukturverhältnissen von einander abweichen.

Zieht man die Versuche II, IV Profil I und Versuch V in Betracht, so ergiebt sich, daß ein durchlässiger Untergrund die Wasserkapacität der darüberliegenden Schichten unmerklich erhöht, wenn letztere aus sehr feinkörnigem resp. thonigem Material bestehen, dieselbe dagegen herabsetzt, wenn die betreffenden Bodenpartien aus einer weniger feinen Erdart bestehen. Man bemerkt deutlich, wie der Lehm (Versuch II) durch Zwischenlagerung einer Quarzkiesschicht in seinem Wasserfassungsvermögen eine geringe Erhöhung erfahren hatte, die um so ergiebiger war, je näher der Untergrund zur Oberfläche lag. Der bezügliche Einfluß war ferner um so geringer, je feinkörniger die Untergrundschichte war (Versuch V). Bei dem an sich gut leitenden Kalksand hatte der durchlässige Untergrund die entgegengesetzte Wirkung hervorgerufen, d. h. die Wasserkapacität der oberen Bodenpartien vermindert (Versuch IV Profil I).

Zur Erklärung dieser Erscheinungen ist wiederum das oben citirte Gesetz heranzuziehen, nach welchem der Uebertritt des Wassers aus einer Bodenschicht in die andere um so leichter von Statten geht, je geringer der Unterschied in ihren für die Wasserbewegung maßgebenden physikalischen Eigenschaften ist.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 218.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

É. Laurent. **Die Mikroben des Bodens.** Bulletin de l'Académie royale de Belgique. Sér. 3. T. XI. 1886. p. 128.

Die Experimente des Verf. knüpfen sich an Beobachtungen, welche *Duclaux* über das Keimen pflanzlicher Samen in sterilisirten Nährstoffboden angestellt hat[1]). Säet man nämlich Erbsen oder Bohnen in einen Nährboden, welcher zuvor von Ammoniak, salpetersauren Salzen, vor Allem aber von Mikroben befreit ist, so findet kein Wachsthum statt, auch wenn man jenen sterilisirte Milch oder sterilisirten Rohrzucker zur Nahrung bietet, also Stoffe, welche unter gewöhnlichen Bedingungen das pflanzliche Leben zu unterhalten wohl geeignet sind. *Duclaux* zieht aus diesen Versuchen den Schluß, daß die Pflanze allein nicht befähigt ist, so komplicirte Nährstoffe wie Milch oder Zucker zu ihrem Lebensunterhalte zu verwerthen, sondern daß zuvor die in jedem normalen Boden vorkommenden Mikroben diese in einfachere Körper, wie Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Salpeterwie salpetrige Säure, zerlegen müssen, um sie in dieser einfachen Form für die Pflanzen verwerthbar zu machen.

In den Untersuchungen des Verf. sollte bei dem Studium der Rolle, welche die Mikroben des Bodens bei der Ernährung spielen, jeder ungewöhnliche Umstand vermieden werden und die Pflanzen ihren normalen Entwickelungs- und Ernährungsbedingungen unterliegen.

Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von Kulturtöpfen hergestellt, die, durch passendes Erhitzen sterilisirt, mit ebenso behandelten Deckeln verschlossen waren, durch welche eine Oeffnung für den sich entwickelnden Stamm, zwei für die Zufuhr von sterilisirtem Wasser und zwei für die Zufuhr gereinigter Luft bestimmt waren; zu der durch Erhitzen auf 140° C. sterilisirten Gartenerde konnten keine Mikroorganismen von Außen dringen. Gleichzeitig wurden vier Versuchsreihen in Angriff genommen: In der ersten befanden sich die Versuchspflanzen in gewöhnlicher Gartenerde; die zweite Reihe enthielt Versuche mit sterilisirtem Boden, der später mit Bakterien der gewöhnlichen Gartenerde geimpft wurde; es sollte durch diesen Versuch geprüft werden, ob der Proceß des Sterilisirens, das Erhitzen auf 140°, die Nährfähigkeit des Humus beeinträchtige. In der dritten Versuchsreihe wuchsen die Pflanzen in sterilisirtem Boden und in der vierten wurden dem sterilisirten Boden später chemische Dünger zugesetzt. Die Bedeutung der vierten Versuchsreihe liegt in dem Umstande, daß durch die Zufuhr des Mineraldüngers die Funktion der Bodenbakterien theilweise ersetzt wurde, indem diejenigen einfachen Nährstoffe, welche im Boden von den Bakterien aus den organischen Substanzen erst erzeugt werden, hier direkt zugeführt wurden.

Die Versuche wurden mit Buchweizensamen angestellt. Sie waren erst durch eine Sublimatlösung sterilisirt, dann in Krystallschälchen unter möglichstem

[1]) Comptes rendus. T. C. p. 66.

Digitized by Google

Abschluß der Luftbakterien zum Keimen gebracht und wurden beim Erscheinen der Würzelchen in die betreffenden Töpfe überpflanzt. Der Versuch begann am 25. Juli; in der vierten Versuchsreihe erhielten die Pflanzen vom 15. August ab wöchentlich zweimal eine Nährstofflösung, welche Kaliumnitrat, Calciumphosphat, Calciumsulfat, Magnesiumsulfat und Spuren von Eisensulfat enthielt. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen sich in folgender Uebersicht:

	Zahl der Blätter		Zahl der Blüthen	Zahl der Früchte
	am 28. Aug.	am 11. Sept.	am 15. Sept.	am 29. Sept.
1. Reihe . . .	9	15	126,33	94,67
2. » . . .	6	13,17	128	96
3. » . . .	3,62	6,62	58	23,5
4. » . . .	4,6	19	88,4	66,75.

Es ergiebt sich aus diesen Zahlen, daß die dritte Reihe allen anderen nachsteht, daß also ganz zweifellos die Thätigkeit der Mikroben in der Gartenerde, welche viel organische Substanz enthält, von großem Vortheile für die Pflanzen ist. Hierbei muß noch in Betracht gezogen werden, daß die im sterilisirten Boden wachsenden Pflanzen noch einen merklichen Theil der Produkte, welche die Bakterien im Boden vor ihrer Tödtung erzeugt hatten, vorfanden und zu ihrer Ernährung verwerthen konnten.

P. Liborius. **Beiträge zur Kenntniß des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien.** Zeitschrift f. Hygiene. Bd. I. 1886. S. 115.

In der eingehenden systematischen Untersuchung des Verf. über das Verhalten verschiedener Bakterien gegen Sauerstoffmangel wurden die Bakterien nach dem jetzt allgemein üblichen Verfahren auf festem Nährsubstrat gezüchtet und der Sauerstoff mittelst verschiedener, ausführlich beschriebenen Verfahren abgehalten. Die allgemeineren Resultate aus diesen Beobachtungen sind folgende:

In Bezug auf das Sauerstoffbedürfniß hat man unter den Bakterien drei Klassen zu unterscheiden: 1. Obligate Anaërobien, welche für alle Lebensfunktionen auf die Abwesenheit von Sauerstoff angewiesen sind; einige unter diesen erregen Gährung, andere vermehren sich ohne Gährung; für erstere ist aber die Gährung keine unerläßliche Bedingung ihrer Vermehrung. Sauerstoffzufuhr sistirt alle Lebensäußerungen dieser Bakterien. 2. Obligate Aërobien, welche unter allen Umständen reichlicher Sauerstoffzufuhr bedürfen; wird diese erheblich beschränkt, so sistiren sämmtliche Lebensäußerungen; genauer studirte Gährungen sind von keiner dieser Bakterien bekannt. 3. Fakultative Anaërobien, die für gewöhnlich auf Sauerstoffzufuhr angewiesen sind, bei reichlichen Sauerstoffmengen am kräftigsten vegetiren. Dieselben können auch bei vollständiger Sauerstoffentziehung noch eine beträchtliche Konsumtion des Nährmaterials und eine bedeutende Vermehrung leisten, wenn auch bei Beschränkung des Sauerstoffzutrittes eine Verlangsamung ihres Wachsthums eintritt. Zu dieser dritten Gruppe gehören namentlich alle untersuchten pathogenen Bakterien, wie die Bakterien des Milzbrandes, der Cholera, des Typhus u. s. w. Auch unter diesen können mehrere Gährung erregen, aber sowohl mit als ohne

Digitized by Google

Sauerstoff; nur eine Bakterie (Bac. prodigiosus) macht eine Ausnahme, indem hier Gährung nur in sauerstofffreien Kulturen eintritt.

J. Uffelmann. **Ueber die Oxydation des Ammoniaks im Wasser und Boden.** Archiv für Hygiene. Bd. IV. S. 82, und Chemisches Centralblatt. 1886. No. 17. S. 312.

Verf. lieferte den Beweis, daß die Oxydation des Ammoniaks, wenigstens bei starker Flächenattraktion, ohne Mitwirkung von Mikroben stattfinden kann. Versuche mit Quellwasser und mit dem Wasser der Rostocker Wasserleitung ergaben, daß auch in nicht keimfreiem Wasser und in nicht keimfreien Gefäßen die Oxydation des Ammoniaks zum mindesten ungemein langsam und jedenfalls viel langsamer sich vollzieht, als gewöhnlich angenommen wird. Es ergiebt sich ferner, daß die Absorption der salpetrigen Säure und des Ammoniumnitrites (aus der Luft) vom Wasser in sehr wesentlichem Maße die Menge des Ammoniumnitrites beeinflußt, welches wir in dem Wasser finden. Denn es zeigte sich, daß da, wo diese Absorption ohne gleichzeitige Aufhebung des Sauerstoffzutrittes erheblich beeinträchtigt wurde, auch das Ammoniumnitrit geraume Zeit fehlte. Bei einem Versuch, in welchem nicht keimfreies, ammoniakalisch gemachtes Wasser innerhalb eines mit Watte lose verschlossenen Glases aufbewahrt war, wurde jenes noch am 18. Tage frei von salpetriger Säure gefunden. Selbst nach Wochen wurde in ammoniakalischem Wasser trotz unbehinderten Zutrittes von Luftsauerstoff die Anwesenheit von salpetriger Säure allemal dann vermißt, wenn keine Absorption derselben statthaben konnte und wenn überdies das betreffende Wasser sterilisirt, sowie vor der Verunreinigung mit Keimen aus der Luft behütet wurde.

Der Boden hat zweifellos die Fähigkeit, zum mindesten nach stattgehabter Anfeuchtung, salpetrige Säure aus der Luft zu absorbiren. Aber er vermag nicht Ammoniak zu oxydiren, wenn die in ihm vorhandenen Keime vernichtet sind und die Zufuhr neuer Keime verhindert wird, vermag dies auch dann nicht, wenn das Ammoniak in sehr starker Verdünnung ihm zugeführt und für ausreichende Durchlüftung gesorgt wird. Boden und Wasser gleichen sich also in beiden Beziehungen. Die in ihnen gefundene salpetrige Säure kann absorbirt sein. Soweit dies aber nicht der Fall ist, verdankt sie ihren Ursprung einem biologischen Processe und nicht einer einfachen Aktion des Luftsauerstoffs.

L. Adametz. **Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume.** Inaugural-Dissertation. Leipzig. 1886.

In Anbetracht, daß die im Ackerboden in so ungeheurer Menge auftretenden nichtpathogenen Pilze zum großen Theil Arten angehören, von welchen die Umsetzung der für die Pflanzenernährung wichtigen, von Pflanzen und Thieren herstammenden Ueberreste im Ackerboden hauptsächlich beherrscht wird, sowie daß genauere Angaben über diese Organismen zur Zeit fehlen, hat sich Verf. vorliegender Arbeit veranlaßt gesehen, die gewöhnlichsten in der Ackerkrume befindlichen Pilze näher zu bestimmen, und die von denselben hervorgerufenen Processe mit besonderer Rücksicht auf die Nitrifikation zu prüfen.

Verf. benutzte Erde vom Versuchsfelde des landw. Instituts in Leipzig,

Digitized by Google

welche im Oktober v. J. sowohl aus der obersten Schicht wie aus einer Tiefe von ca. 22 cm entnommen worden war. In beiden Schichten fanden sich Hefen- und Schimmelpilze in nicht gerade sehr beträchtlicher, Spaltpilze dagegen in ungeheurer Zahl. Unter Benutzung des *Thoma*'schen Zählapparats wurden die Spaltpilze, welche in 1 g Erde zugegen waren, auf etwa 500000 in der Oberfläche, und 460000 in der tieferen Schicht geschätzt. Nach der Filtration wurde Züchtung mit *Koch*'scher Plattenkultur und nachher Reinzucht mit Stich- und Strichkultur auf verschiedenartigen Substraten vorgenommen, die, soweit es sich um Nährstofflösungen handelte, zum Theil erst in passender Form ermittelt werden mußten. Es wurden in solcher Weise gefunden:

1. 6 Schimmelpilze (Penic. glaucum, Mucor mucedo, M. racemosus, M. stolonifer, Aspergillus glaucus, Oidium lactis);

2. 4 Hefenpilze (Saccharomyces ellipsoideus, S. cerevisiae, S. glutinis, Monilia candida) und zwei bisher noch nicht beobachtete Arten von hefeähnlichen Zeilen. Sie zeigen hefeähnliche Sprossung und Vakuolen, spalten Zucker, bilden aber Mycel wie Schimmelpilze;

3. von Spaltpilzen 4 aus der Gattung Micrococcus (M. candidus, M. luteus, M. aurantiacus, Diplococcus luteus); 4 aus der Gattung Bacterium (B. No. 1, B. No. 2, B. lineola, B. termo); 3 Arten von Bacillen (B. subtilis, B. No. 2, B. butyricus); aus der Gattung Vibrio noch V. rugula.

Im weiteren Verfolg der Untersuchung wurden nun Nährstofflösungen, wohl geeignet, eine üppige Entwickelung der Spaltpilze zu unterhalten, mit 0,01 g Erde, und damit mit der Gesammtheit aller zur Untersuchung gekommenen Pilze beschickt. Der benöthigte Stickstoff war mit $^1/_2$ % weinsaurem Ammoniak gegeben, welches der analytischen Untersuchung wegen später durch $^1/_2$ % essigsaures Ammoniak ersetzt wurde. Auch mit Reinkulturen von Spaltpilzen sind die Nährstofflösungen inficirt worden. Die Entwickelung erfolgte im Licht und im Dunkeln, bei verschiedener, bis zu 35° gesteigerter Temperatur.

Die vom Verf. bezüglich der Salpeterbildung angestellten Untersuchungen ergaben folgende Resultate:

1. Werden entsprechend zusammengesetzte, sterilisirte Nährstofflösungen mit ganz kleinen Mengen einer Ackererde versetzt, so lassen sich in denselben nach Verlauf von 3—4 Wochen kleine, quantitativ nicht bestimmbare Mengen von Salpetersäure nachweisen. Dieselben sind im Kontrolgefäß nicht vorhanden und müssen daher in irgend einer Weise mit der Entwickelung der niederen Pilze im Zusammenhang stehen.

2. Die Salpetersäurespuren erfahren im Laufe der Zeit keine Zunahme, auch dann nicht, wenn eine dem Pilzwachsthum günstige höhere Temperatur in Anwendung gebracht wird.

3. Erhöhte Temperatur (30°—35° C.) hat zur Folge, daß sich die kleinen Salpetersäuremengen um einige Tage früher in den Kulturflüssigkeiten einstellen.

4. Die Nitrifikation wird verzögert, wenn durch die Flüssigkeiten mehrere Mal des Tages Luft hindurchgeleitet wird.

5. Reinkulturen von den Bakterien: Bact. No. 1, Bact. No. 2, Bact. termo und Diplococcus luteus in den oben beschriebenen flüssigen Nährmedien zeigen

Digitized by Google

nach 4—5 Wochen in der Mehrzahl der Fälle einen äußerst geringen Salpetersäuregehalt.

6. Ein Spaltpilz, welcher die Eigenschaft gehabt hätte, größere Mengen von Ammoniak in Salpetersäure zu verwandeln, «ein Salpeterferment», war in den beiden untersuchten Ackerèrden nicht aufzufinden.

Die ferneren Untersuchungen des Verf. über die Spaltpilze als Ursache von Reduktionsprocessen ergaben, daß ein Gemenge verschiedener, die Ackererde bewohnender Bakterien, in geeigneten Nährlösungen kultivirt, eine wahrscheinlich durch Reduktionsprocesse veranlaßte Ammoniakbildung verursacht. Im vorliegenden Falle trat salpetrige Säure, wenigstens in nachweisbarer Menge nicht auf. Es zeigte sich ferner, daß die Ammoniakproduktion unter sonst gleichen Umständen in jenen Lösungen früher beginnt, welche vor Luftzutritt bewahrt bleiben.

Schließlich macht Verf. noch einige Angaben über das Auftreten der Schimmelpilze im Boden. Es fanden sich in den beiden Bodenproben (Sand, Lehm) ca. 50 Sporen derselben, sowohl in den oberen wie unteren Schichten, berechnet auf 1 g Erde. Unter günstigen Umständen keimen diese Sporen und diejenigen von ihnen, welche sich, vom Zufall begünstigt, auf einem geeigneten Substrat befinden, entwickeln sich weiter zu einem Mycel, welches den Nährboden in einer für Schimmelpilze charakteristischen Weise zersetzt. Von solchen Mycelbildungen in der Ackererde überzeugte sich Verf. zu wiederholten Malen.

Für das Auftreten der einzelnen Species erwies sich die Temperatur von größtem Einfluß. Bei Temperaturen unter 12° C. wurden sowohl auf festen wie flüssigen Medien die Mucorineen durch Pen. glauc. überwuchert. Dieselben Nährmedien bedeckten sich bei höherer Temperatur (20° — 25° C.) mit einer üppigen Mucorvegetation. Neutrale Peptongelatine war speciell für Muc. muc. sehr geeignet. Hier schlug er in der Regel selbst bei niederen Temperaturen Pen. glauc. aus dem Felde. Pen. glauc. gelangte dann gewöhnlich erst später, wenn die Fruktifikation von Muc. muc. bereits vorüber war, zur Entwickelung. *E. W.*

R. Warington. **Ueber den Einfluß des Gipses auf die Salpeterbildung.** Ann. agronomiques. Bd. XI. 1885. p. 557.

In früheren Untersuchungen[1]) hatte Verf. den Nachweis geliefert, daß Alkalikarbonate, selbst in geringen Mengen, die Lebensthätigkeit des Salpeterfermentes hemmen; dagegen wurde in Lösungen von Chlorammonium die Salpeterbildung bei höheren Koncentrationen nicht beeinträchtigt. Es schien in Folge dessen wahrscheinlich, daß es möglich sei, auch in koncentrirteren Urinlösungen die Nitrifikation zu unterhalten, wenn es gelänge, die Anhäufung von Ammoniumkarbonat hintanzuhalten.

Um die Wirkungen eines Gipszusatzes[2]) zu prüfen, wurden vier Lösungen, deren Uringehalt 15, 20, 30 und 50 % betrug, mit bestimmten Gipsmengen versetzt (0,028 g pro 1 ccm). Die Lösungen, welche sich in mit Baumwollbausch

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 29.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 339.

Digitized by Google

verstopften Flaschen befanden, wurden mit je 1 g Erde versehen und dann unter häufigem Durchschütteln längere Zeit sich selbst überlassen. Der ungelöste Gips verschwand allmählich und es lagerten sich statt dessen krystallinische Massen (vermuthlich aus kohlensaurem Kalk bestehend) auf den Gefäßwänden ab. In dem Maße aber, wie die Salpeterbildung fortschritt, verschwanden auch diese Ablagerungen wieder.

Hinsichtlich der Nitrifikation stellte sich heraus, daß dieselbe bei der ohne Gipszusatz gebliebenen, relativ schwach urinhaltigen Flüssigkeit, wie bei den früheren Versuchen, überhaupt nicht eintrat, während sie in den mit Gips versetzten Lösungen um so später begann, je mehr Urin dieselben enthielten.

E. W.

A. Levy. **Ueber die Zusammensetzung der Drainwässer der Pariser Rieselfelder.** Annuaire de l'observatoire de Montsouris pour l'an 1884. Paris. p. 408.

In Bezug auf die Umwandlung des in den Kloakenwässern enthaltenen Ammoniaks in Salpetersäure, wenn dieselben den Boden durchsickern, geben die Untersuchungen des Verf. werthvolle Aufschlüsse. In 1 Liter Flüssigkeit waren in mg enthalten:

Ammoniakstickstoff.

1882	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mittel
Kloakenwasser	17,4	20,7	21,0	28,7	29,1	32,6	21,1	—	**24,4**
Drain (Asnières)	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	**0,9**
» (Cases)	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,9	0,8	0,9	**0,9**
» (Epinay)	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	**0,8**
» (Moulin de Cage)	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	**0,9**

Salpeterstickstoff.

1882	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Mittel
Kloakenwasser	1,4	0,9	1,0	0,8	1,1	0,4	—	—	**0,9**
Drain (Asnières)	23,7	24,8	25,5	25,3	23,9	23,3	—	—	**24,4**
» (Cases)	27,9	18,4	22,9	29,6	32,5	31,3	—	—	**27,1**
» (Epinay)	19,9	22,9	21,1	19,0	22,6	23,2	26,6	—	**22,2**
» (Moulin de Cage)	17,9	20,6	17,4	19,2	18,8	19,9	20,1	—	**19,1**

Aus diesen Zahlen läßt sich ohne Weiteres entnehmen, daß der in Form von Ammoniak dem Boden zugeführte Stickstoff fast vollständig zu Salpetersäure oxydirt wird, denn während die aufgegossene Flüssigkeit nur Ammoniak und Spuren von Salpetersäure enthielt, trat in der durch den Boden gegangenen und abfließenden fast ausschließlich letztere Verbindung auf. In Uebereinstimmung

Digitized by Google

hiermit stehen die von *Lawes*, *Gilbert* und *Warington*[1]) nachgewiesenen Stickstoffverluste, welche das Ackerland durch die Drainwasser erleidet. *E. W.*

A. Müller. **Versuche über Harngährung.** Landw. Versuchsstationen. 1885. Bd. 32. S. 271.

In den vom Verf. angestellten Versuchen wurde Harn von einem gesunden Manne bei regelmäßiger kräftiger Kost und reichlichem Wassergenuß, sowohl im frischen wie im vergohrenen Zustande, in verschiedener Verdünnung, mit und ohne Zusätze verwendet. Verschiedene Versuche wurden dann mit kohlensaurem Ammoniak wiederholt.

Von den wichtigsten Resultaten ist zunächst anzuführen, daß für die Energie der Harngährung die Reaktion der Flüssigkeit, ob sauer oder alkalisch, entscheidend ist. Basische Zusätze mit Ausnahme koncentrirter Aetzlaugen wirken förderlich, saure in weit höherem Grade hinderlich. (In dieser Beziehung verhalten sich demnach die niederen Organismen bei der Harngährung analog den bei den Oxydationsprocessen der organischen Stoffe betheiligten. D. Ref.)

Unter den Säuren haben sich Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, besonders schweflige Säure als kräftige Antizymotika erwiesen, während Oxalsäure und Essigsäure weniger nachhaltig wirkten, da sie allmählich von dem auftretenden Schimmel aufgezehrt werden. Phosphorsäure hat die Harngährung auffallend wenig beeinflußt. Die Versuche mit Oxydationsmitteln lieferten kein sicheres Resultat. Das Kaliumpermanganat hatte die Gährung beschleunigt, das chlorsaure Kali verzögert. Der Chlorkalk hat es in überraschend hohem Grade gethan, trotz bewirkter Alkalescenz — wohl hauptsächlich als Specificum. Schwefelkohlenstoff, Chloroform zeigten sich als vortreffliche Antizymotika; Alkohol und noch mehr der Aether standen in ihrer Wirkung diesen Zusätzen nach. Das Gemisch von Borsäure und Borax hat die Zersetzung nicht in erwartetem Maße aufgehalten. *E. W.*

O. Kellner. **Ueber das Verhalten des Harnstoffs im Ackerboden.** Landw. Jahrbücher. Bd. XV. 1886. S. 712—717.

Verf. zieht aus seinen Untersuchungen folgende Sätze:

1. Der Harnstoff wird als solcher vom Ackerboden nicht absorbirt, sondern bleibt in Lösung.

2. Erst das Produkt der Umwandlung des Harnstoffs durch Mikroorganismen, das kohlensaure Ammoniak, tritt in Wechselwirkung mit dem Boden.

3. Die Ueberführung des Harnstoffs in kohlensaures Ammoniak geht nur in den oberen Bodenschichten vor sich und findet selbst in porösen Bodenarten nur bis zu einer Tiefe von ca. 0,5 m statt.

4. Da der wichtigste stickstoffhaltige Bestandtheil des frischen Harns im Boden eine Zeit lang in Lösung bleibt, so ist Gefahr vorhanden, daß derselbe durch Regen ausgelaugt und der Vegetation entzogen wird. Dies gilt sowohl für menschlichen wie für thierischen Harn.

5. Die schädliche Wirkung auf die Vegetation, welche eine Düngung mit frischen menschlichen Exkrementen öfters äußert, erklärt sich aus der Thatsache,

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 234 u. 410.

Digitized by Google

daß der Harnstoff in der Bodenflüssigkeit gelöst bleibt und die Koncentration daselbst so hoch steigert, daß die Diffusion des Wassers in die Wurzeln beeinträchtigt wird und die Pflanzen in Folge dessen welken. *E. W.*

A. Blomeyer. **Die Mikroorganismen und ihre Beziehung zu den Stickstoffverbindungen im Boden.** Der deutsche Landwirth. 1886. No. 32.

E. Wollny. **Untersuchungen über die Zersetzung der organischen Substanzen.** Journ. f. Landwirthschaft. Bd. XXXIV. 1886. S. 213—320.

Quantin. **Sur la reduction du sulfate de chaux par certains ferments anaérobies.** Ann. agronomiques. Bd. XII. 1886. p. 80—86.

M. P. E. Berthelot und André. **Bemerkungen zur Bestimmung des Ammoniaks im Boden.** Comptes rendus. T. CII. 1886. p. 954—956.

M. P. E. Berthelot. **Ueber die Bestimmung von organischem Kohlenstoff in den Böden, welche freien Stickstoff binden.** Comptes rendus. T. CII. 1886. p. 951—954.

Digitized by Google

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen der pflanzenphysiologischen Versuchsstation am Königl. pomologischen Institute zu Proskau.

VII. Ueber Gelbfleckigkeit.

Von Dr. **Paul Sorauer.**

Bei einer großen Anzahl von Pflanzen, namentlich solchen mit langlebigen Blättern, stellen sich auf den Blattflächen gelbe Flecken ein. In vielen Fällen sind Pilze nachweisbar, deren Mycel in engumschriebenen, meist kreisrunden Bezirken im Blattinnern angetroffen wird und als die Ursache der Verfärbung angesehen werden darf.

Die nachstehenden Beobachtungen zeigen indeß, daß bei Pflanzen sehr verschiedener Familien auch gelbe Stellen entstehen können, welche nicht durch Parasiten veranlaßt werden, sondern auf ein Allgemeinleiden deuten, dessen Ursache in Wasserüberschuß bei ungenügender Assimilationsthätigkeit zu suchen ist.

a. Pandanus javanicus.

Eine sonst kräftige, 80 cm hohe Pflanze, zeigte seit längerer Zeit die sämmtlichen Blätter durch zerstreute, verschieden große, gelbe, nach dem Rande hin abblassende, bisweilen zusammenfließende Flecke marmorirt. Diese Flecke sind durchscheinend; ihre Vertheilung über die ganze Blattfläche ist ziemlich gleichmäßig, nur hier und da nach der Spitze hin zunehmend. Die jüngsten Stadien machen sich häufig auf der Oberseite früher als auf der Unterseite bemerklich; anfangs kreisrund, werden sie später länglich, da bei ihrer Ausbreitung die Blattnerven ein schwerer übersteigbares, seitliches Hinderniß darstellen. Während ihres Wachs-

Digitized by Google

thums erhebt sich die mittlere Partie etwas schwielig, wobei die schwielige Auftreibung auf der Oberseite sehr wenig, auf der Unterseite mehr in die Augen springt. Ein noch fortgeschritteneres Stadium zeigt, daß die Centralpartie der Flecke auf der Unterseite sich zu bräunen anfängt und endlich eine Höhlung mit dunkelbraunen Rändern bildet, die sich bei der höchstgradigen Entwickelung zu einem feinen, das ganze Blatt quer durchsetzenden Loche ausbildet.

Die durchlöcherte Stelle ist von verkorkten, todten Mesophyllzellen ausgekleidet, unter welchen, der Wundfläche parallel, sich eine mehrschichtige Zone wirklicher, tafelförmiger Korkzellen häufig befindet.

Im Querschnitt erkennt man unter einer sehr derbwandigen, schmalzelligen Epidermis, deren Zellen auf der Unterseite des Blattes etwas halbkugelig nach außen vorgewölbt, auf der Blattoberseite dagegen mehr flach und tafelförmig erscheinen, eine ebenfalls noch dickwandige Zellenlage; ihre einzelnen Zellen erscheinen bei einem Querschnitt 4—6 mal so lang als die Epidermiszellen, wogegen im Längsschnitt das Größenverhältniß zwischen den Elementen dieser beiden Zelllagen sich umkehrt. Weiter nach innen folgen 1—2 weitlumige, auch noch chlorophyllose Schichten, deren Zellen etwa rundlich-sechsseitig sind und zwischen denen die Hartbaststränge verlaufen, die nach der Oberseite hin stärker entwickelt sind und nur selten noch in das darunterliegende, chlorophyllführende Mesophyll reichen. Die Gefäßbündel, welche den Blattquerschnitt in annähernd gleich große Abtheilungen fächern, grenzen nach der Oberseite hin an die chorophyllose Zellenlage und sind nach der Blattunterseite zu nur von einer oder zwei schwach mit Chlorophyll versehenen Zellreihen gedeckt.

Bei dem Auftreten der Gelbfleckigkeit zeigt sich eine Gewebeänderung in der zwischen zwei Gefäßbündeln liegenden Mesophyllpartie, die nach der Oberseite hin den Charakter des Pallisadenparenchyms, nach der Unterseite den des Schwammparenchyms aufweist, in der Mitte aber aus sehr zartwandigen, nahezu isodiametrischen, mit farblosem, wässerigem Inhalt erfüllten, etwa sechsseitigen Zellen besteht. In dieser innersten, farblosen Gewebegruppe beginnen die peripherischen, also dem chlorophyllführenden Mesophyll angrenzenden Zellen sich nach der Seite des geringsten Widerstandes, d. h. nach dem Centrum hin übermäßig zu strecken, wobei sie häufig die centralen farblosen Zellen zusammendrücken. Nicht selten erfolgt die Streckung nur in den direkt nach oben und nach unten ge-

Digitized by Google

richteten, nicht an den seitlichen Zellen der zartwandigen Gruppe, und es entsteht dadurch in der zwischen zwei Blattrippen befindlichen Gewebegruppe eine eigenthümliche Lagerung. Die centrale Partie des Gewebes besteht dann aus radial gestellten, schlauchförmig ausgezogenen, oft dickwandiger gewordenen, inhaltlosen Zellen, die später braun werden und verkorken. Bei zunehmender Intensität wird das Schwammparenchym in diesen Streckungsproceß hineingezogen; sein Inhalt zerfällt zu braunkörniger Substanz und damit wird die gelbe Färbung intensiver. Anfangs geht der Zerfall des Chlorophylls langsam vor sich und die Flecke erscheinen dann nur bei durchfallendem Lichte gelblich. Mit dem Hineinziehen des chlorophyllführenden Gewebes in den Streckungsproceß erhebt sich die Blattoberfläche der Unterseite schwielenartig. Häufig bleibt nun mit der Verkorkung der gestreckten Zellelemente der Krankheitsproceß stehen. In solchen Fällen jedoch, in denen die Intensität der Krankheit bis zur Durchlöcherung fortschreitet, sieht man zunächst, daß die sich streckenden Zellen die Epidermis der Unterseite immer mehr spannen und endlich am Gipfel der Schwiele entzwei sprengen. Auf diese Weise entsteht ein dem bloßen Auge kenntliches, braun umrandetes, kleines Loch, das man recht leicht für einen Insektenstich halten kann. Später findet man auch das Pallisadenparenchym in den Streckungs- und Verkorkungsproceß hineingezogen und die Epidermis der Oberseite ebenfalls gebräunt; schließlich können auch noch die Zellen der Gefäßbündelscheide unter Quellung ihrer Wandungen und folgender Bräunung sich strecken. Noch vor dem Aufreißen der Schwiele stellt sich häufig, aber nicht immer eine das todte Gewebe umkleidende Zone wirklicher Korkzellen ein, welche nach dem Aufreißen emporgehoben wird und das darüberliegende, todte Gewebe als braunen, spröden Kraterrand mit über die Blattfläche erhebt. In dem abgestorbenen Gewebe siedeln sich Saprophyten an. Ein ähnlicher Vorgang ist bei Pandanus reflexus von *Bachmann* beschrieben worden, dabei aber auf die Korkbildung der Hauptwerth gelegt; im vorliegenden Falle ist die Korkbildung eine nicht immer auftretende Begleitserscheinung des Hauptkrankheitsvorganges, der in einer abnormen Zellstreckung besteht. Diese setzt eine erhöhte Wasserzufuhr voraus, aber ohne Erhöhung des plastischen Baumaterials; sonst würden sich neue Meristeme gebildet haben. Der Assimilationsproceß muß also in den gelbfleckigen Blättern ein geringer, die Wasserzufuhr dagegen eine abnorm hohe sein.

Digitized by Google

b. Cattleya.

Bei einer Sendung kranker Orchideen befanden sich wurzelkranke Cattleyen; die Species war nicht näher bezeichnet. Die lederartig dicken, sonst gesund grün erscheinenden Blätter zeigten auf der Oberseite zerstreute, aus sehr kleinen Anfängen bis zu 1 cm Ausdehnung sich vergrößernde Flecke. Dieselben waren in der Jugend grün und flach, aber bei zunehmendem Alter bildeten sie sich zu glänzend braunen, blasenartig kegelförmigen Auftreibungen aus. Die Erhebung beginnt durch eine Zellstreckung, welche die über einem Gefäßbündelzweige liegenden Zellen zuerst ergreift; am häufigsten zeigte sich die Erkrankung in einer Zellreihe, welche etwa die dritte oder vierte Reihe unterhalb der Epidermis der Oberseite bildete und um 1 bis 2 Lagen von den Zellen der Gefäßbündelscheide entfernt war. Die erkrankenden Zellen strecken sich senkrecht zur Blattfläche um das Doppelte bis Vierfache ihrer ursprünglichen Länge, ohne daß die Breite sich wesentlich änderte. Bei der Streckung vermindert sich der Inhalt bedeutend und die Wandungen bräunen sich. Entweder kann die Erkrankung in diesem Stadium stehen bleiben und die über den verlängerten Zellen befindlichen Zellreihen werden nur zusammengedrückt, oder aber die vorstehenden Zellen werden in den Streckungsproceß hineingezogen. In letzterem Falle kann der Vorgang eine solche Intensität erreichen, daß das gesammte Mesophyll eines Fleckes sich verlängert zeigt und damit die vorbeschriebenen, blasenartigen Auftreibungen gebildet werden. Die Epidermis ist immer von der Veränderung ausgeschlossen; sie reißt nur schließlich an der höchsten Stelle der Auftreibung entzwei. Das vor den verlängerten Zellen liegende Gewebe ist in Inhalt und Wandung dunkelbraun und trocken und zeigt feine, farblose Mycelfäden; diese sind aber in den sich streckenden Zellen nicht zu finden.

c. Cypripedium laevigatum.

Im Anschluß an den vorigen Fall, der, wie bei *Pandanus* dadurch charakterisirt war, daß einzelne Zellgruppen in Ernährungsverhältnisse kamen, die eine abnorme Verlängerung, aber nicht eine Vermehrung von plastischem Baumaterial für neue Zellen veranlaßten, mag hier einer Erscheinung gedacht werden, bei der die ganze Blattfläche an hochgradigem Wasserüberschuß litt. Die ungemein saftigen Blätter zeigten an den

Digitized by Google

gesunden Stellen keine von Vergleichsexemplaren abweichende, grüne Färbung, aber sie besaßen auf der Oberseite mehr oder weniger reichlich unregelmäßige, manchmal die ganze Blattbreite einnehmende, braunüberlaufene, etwas eingesunkene, glanzlose Stellen. In den intensivsten Fällen kann durch Zusammenfließen einzelner Flecke mehr als die Hälfte des ganzen Blattes krankhaft verändert sein. Eine Regelmäßigkeit im Auftreten und Ausbreiten der einzelnen Krankheitsheerde ist nicht nachweisbar. Die Entstehung der eingesunkenen Stellen erklärt sich durch ein Zusammenfallen der Epidermiszellen. Diese sind auch im gesunden Blatttheil verschieden groß; am Rande fast quadratisch werden sie nach der Blattmittelrippe hin immer länger, bis sie schlank cylindrisch und nach dem erkrankten Theile hin geradezu schlauchartig erscheinen. Eine solche schlauchförmige Ueberverlängerung ließ sich in den zur Vergleichung zugänglichen (allerdings nur spärlichen) Blättern nicht konstatiren, so daß in dieser extremen Dehnung das krankhafte Moment gefunden werden muß. So lange das Blatt noch gesund ist, erscheinen die Wandungen der Epidermiszellen farblos und faltenlos; bei der Erkrankung sinken die Zellen zusammen, wobei sich die Wandungen in schräge, annähernd parallele Querfalten legen und sich bräunen. Im Inhalt der gesunden Oberhautzellen zieht Glycerin zahlreiche Syruptropfen zusammen; nach der Erkrankung ist dies nicht mehr der Fall. Die braunröthliche Färbung der erkrankten Stellen wird aber nur zum Theil durch die Verfärbung der Wandungen hervorgerufen, die an den Seiten der Epidermiszellen überhaupt nur schwach auftritt, sondern mehr an der Oberseite und zwar namentlich an dem Cuticularbelag derselben kenntlich ist. Viel mehr ins Gewicht fällt die Rothfärbung des Zellinhalts, der entweder als gleichmäßig geröthete Flüssigkeit erscheint oder aber auch farblos ist und den rothen Farbstoff nur im körnig zerfallenden Nucleus gespeichert zeigt.

Die Blattunterseite ist meist gesund; nur hier und da sieht man in den gestaltlich nicht veränderten Zellen der Epidermis oder des darunter liegenden Gewebes den Inhalt zu körnigen Massen zusammengeballt und braunröthlich verfärbt; dann ist auch oft die cuticularisirte Unterwand der Spaltöffnungszellen leuchtend roth. Im gesunden wie im kranken Theile besitzt das chlorophyllführende Mesophyll Stärke und, wie es scheint, Oeltropfen.

Digitized by Google

d. Aralia palmata.

Die im December untersuchte Pflanze zeigte die Gelbfleckigkeit bis in die jungen Blätter hinein ausgebreitet. Die Flecke sind durchscheinend, meist rein gelb, jedoch wechselnd in der Intensität der Färbung, sowie in der Größe, Gestalt und Vertheilung über die Blattfläche. Man findet sie am zahlreichsten zwischen den Hauptrippen, seltener dicht daran, am seltensten direkt über denselben. An den gelben Stellen ist das Blatt meist ein wenig aufgetrieben, was von einer auf Kosten des Inhalts erfolgenden Längsstreckung einzelner Gruppen von Mesophyllzellen herrührt. Im normalen Blatttheile erkennt man unterhalb der Epidermis der Oberseite eine deutlich charakterisirte Pallisadenparenchymschicht mit luftführenden Intercellularen von geringer räumlicher Ausdehnung; es folgen darauf eine oder zwei Lagen noch ziemlich dicht stehender, fast isodiametrischer Zellen und sodann das ächte Schwammparenchym, das aus im Blattquerschnitt annähernd cylindrisch erscheinenden, quer, also parallel der Oberfläche gestreckten, etwas gekrümmten Zellen zusammengesetzt ist, welche nach der unteren Epidermis hin wieder etwas dichter zusammentreten.

Die abnorme Streckung beginnt in der Regel in der nächsten Umgebung der feinen Gefäßbündelverzweigungen, ergreift die Zellen der Gefäßbündelscheide und geht zunächst horizontal in der Mittellinie des Blattes weiter. Die vergrößerten Zellen erscheinen entweder allseitig gleichmäßig sackartig erweitert, so daß ihr Querschnitt eine annähernd kreisrunde Figur bildet, oder die Streckung erfolgt nur in einer Richtung und zwar radial zum Gefäßbündel, wobei die Intercellularräume geringer oder wohl auch gar von den Zellen ausgefüllt werden. Die Stärke, welche zur Zeit der Untersuchung nur in den Gefäßbündelscheiden anzutreffen war, verschwindet ebenso wie das Chlorophyll bis auf wenige Körnchen bei der Streckung. In extremen Fällen können sämmtliche Mesophyllzellen an einer gelben Stelle in den Streckungsproceß hineingezogen werden.

e. Panax arboreus.

Aeltere Blätter zeigten verschieden große Tuschflecke von gelblicher Färbung mit verwaschenen Konturen, die bei dichter Lagerung der Flecke mit einander verschmolzen. Wenn man die Blätter gegen das Licht hält, bemerkt man in den verfärbten Stellen eine oder mehrere hellere Zonen, wie sie um eine Stichwunde vorzukommen pflegen.

Digitized by Google

Den hellen Flecken entspricht eine meist nach der Blattunterseite hin hervortretende, seichte Auftreibung, wobei die Gegenseite flach oder bisweilen auch etwas erhöht erscheint. Eine Regelmäßigkeit in der Vertheilung der Flecke läßt sich nicht wahrnehmen. Ihr innerer Bau ist nicht überall derselbe; in der Mehrzahl der Fälle sind es einzelne, isolirt auftretende Zellen des mauerförmigen, parallel zur Blattfläche gelagerten Schwammparenchyms, welche schlauchartig sich vergrößern und dabei inhaltsarm werden. Bisweilen liegen diese Zellen ziemlich nahe der unteren Epidermis, deren Inhalt an der erkrankten Stelle trübkörnig gebräunt erscheint und deren Wandungen ebenso wie bei den aufgetriebenen Schwammparenchymzellen sich gelb färben, oftmals auch quellen und verkorken. In anderen Fällen sind es tiefer im Blattfleisch liegende Mesophyllzellen (z. Th. in der Nähe der Gefäßbündel), welche aufgetrieben sich zeigen; dann ergreift die Streckung auch einzelne Zellen des Pallisadenparenchyms, welche tonnenförmig breit und inhaltsarm werden und jedenfalls die Hauptursache der durchscheinenderen Zonen innerhalb der verfärbten Blattflecke darstellen.

Nicht zu verwechseln damit ist eine nur relativ selten beobachtete Erscheinung, welche in unmittelbarer Nähe der vorbeschriebenen Auftreibungen sich zeigen kann. Man findet nämlich Stellen, die auch etwas erhaben, aber im Centrum ausgehöhlt sind und insofern eine gewisse Regelmäßigkeit in der Vertheilung erkennen lassen, als sie nach der Blattspitze hin reichlicher auftreten. Bei den in verschiedene Tiefe hineinreichenden Höhlungen, deren Rand aufgeworfen erscheint, ist die Epidermis nicht immer gesprengt, sondern manchmal auch zusammengefallen, zerknittert und theilweise sammt dem darunterliegenden Hypoderm in körnigem Zerfall begriffen, wobei an den Wandresten Stäbchenbakterien bemerkbar waren. Als Abschluß gegen das lebende Gewebe zeigte sich eine uhrglasförmige Lage von dickwandigen, im Bau den Korkzellen ähnlichen, aber ihre glänzenden Wandungen durch Chlorzinkjod schwach blau färbenden Zellen; diese nähern sich in ihrem Verhalten den Epidermiszellen und legen sich auch an diese an. Es scheint, als habe das Blatt in noch jugendlichem Zustande um die beschädigte Stelle eine neue Epidermis gebildet.

f. Hedera Helix.

In einem Kalthause befand sich eine meterhohe Wand aus einer sehr großblätterigen, üppig gewachsenen Varietät des Epheus gebildet.

Digitized by Google

Ziemlich zahlreiche Blätter besaßen nach der Spitze und dem Rande hin reichlicher auftretende, verwaschen gelbe Stellen von oft bedeutender Ausdehnung, in denen sich scharf umgrenzte, bis 1 mm große, rundliche, bei durchfallendem Lichte intensiv gelb erscheinende Flecke befanden. Die Blattoberseite erschien glatt und innerhalb der vergilbten Region nur hier und da mit bräunlichen Tupfen besetzt. Diese und vereinzelte noch grüne kleine Stellen konnte man mit der Lupe als schwach schwielig gewölbt erkennen. Auf der Blattunterseite zeigen sich die erkrankten Flecke als abgeflacht kegelförmige, drüsige Stellen, deren Färbung bald noch grün, bald gelb oder bräunlich auftritt und die je nach dem Entwickelungsstadium eine theils glatte, theils aber auch schon schorfig aufgerissene Oberfläche aufweisen.

Eine starke Anschwellung, welche die doppelte Dicke des normalen Blattes besitzt, zeigte sich hervorgerufen durch eine Zellstreckung, die entweder um die Gefäßbündel herum beginnt oder vom Schwammparenchym ausgeht. Die Zellen erweitern sich allseitig unter Verlust ihres Chlorophyllgehalts derart, daß die Intercellularräume ausgefüllt werden und die Zellen durch gegenseitigen Druck polygonal werden. Oft bleibt dabei die Zellwand ungefärbt; nur stellenweis tritt unter theilweiser Quellung der Membran eine Braunfärbung und Verkorkung derselben ein. Bei ganz hochgradiger Tumescenz wird die oberste Schicht des Pallisadenparenchyms mit in die Streckung hineingezogen; die Epidermis scheint jedoch niemals davon berührt zu werden. Die Beobachtung fand im April statt.

g. Camellia japonica.

Blätter, die im November eingeschickt worden sind. Fast sämmtliche Blätter sind oberseits gänzlich oder halb gelbgrün; im letzteren Falle bildet die Mittelrippe die Halbirungslinie, die manchmal ganz scharf eine gesunde von der kranken Hälfte trennt. Wenn das ganze Blatt gelblich ist, bleibt die Mittelrippe selbst häufig grün, welcher Farbenunterschied namentlich auf der Blattunterseite scharf hervortritt, wo die gelbe Färbung durch eine bisweilen tiefe Bräunung gedeckt ist. Im Gegensatz zu der glänzenden Oberfläche, welche im normalen Zustande auch die Blattunterseite besitzt, ist das Aussehen an den braunen Stellen ein stumpfes; nur an der Mittelrippe und an den Hauptseitenrippen zieht sich ein schmaler Streifen von normalem Glanze entlang. Die stumpf-

Digitized by Google

braune Färbung scheint dadurch erzeugt zu werden, daß die Zellen des Schwammparenchyms sich strecken, anscheinend hier und da sich noch einmal theilen, dabei die weiten Intercellularräume ausfüllen und unter Zerfall des Chlorophylls in Inhalt und Wandung eine gelblich braune Farbe annehmen. Die von *Bachmann* in Pringsheims Jahrbüchern beschriebenen Korkwucherungen finden sich sowohl auf den gesunden als kranken Blatttheilen in gleicher Ausbildung und sind nicht mit den vorliegenden Erscheinungen in Zusammenhang zu bringen. Die Bräunung erfaßt zunächst die unmittelbar unter der Epidermis liegende Schwammparenchymschicht und geht bei verschiedenen Blättern verschieden tief, im Ganzen jedoch selten bis auf das Pallisadenparenchym. Noch seltener ist der Fall, bei welchem die letztgenannte Gewebeschicht gebräunt und das Schwammparenchym gesund ist. Zellstreckungen sind dann nicht wahrzunehmen und in den verfärbten Stellen ballen sich die Chlorophyllkörner und zerfallen sammt dem übrigen Zellinhalt zu braunkörnigen Massen. Da die gebräunten Zellwandungen der Schwefelsäure widerstehen, wenn die parenchymatischen Elemente der Gefäßbündel und das Parenchym schon aufgelöst sind, so ist wohl mit der Bräunung eine Verkorkung anzunehmen. Bemerkenswerth ist, daß in den erkrankten Blättern auch die Gefäßbündel in ihrem Spiralgefäßtheil gebräunt sind, welche Erscheinung ich bei andern Krankheitsfällen oft beobachtete und dieselbe als ein Symptom vom Vorhandensein eines Gesammtleidens betrachten gelernt habe.

Die eben beschriebenen Fälle, an die sich noch ähnliche Vorkommnisse bei Myrtaceen und Leguminosen anschließen, haben als gemeinsames Merkmal das Auftreten von Zellstreckungen. Daß dieselben nach der Ausbildung des Blattes sich erst eingestellt haben, schließe ich daraus, daß das Material zu dem Zellwandwachsthum der eigene Zellinhalt hergeben mußte, dessen Chlorophyllkörper verschwinden. Wäre die Veranlassung zur schlauchförmigen Zellverlängerung schon zur Zeit der Blattentfaltung dagewesen, wie dies bei Gallen und Pilzeinwanderungen manchmal sich beobachten läßt, dann würden die gestreckten Zellen denselben Zellinhalt aufweisen wie die normalgebliebene Umgebung. Wenn nun aber im ausgewachsenen Blatte eine nachträgliche, bisweilen außerordentlich starke Ausweitung sich einstellt, so muß der Turgor in diesen Ge-

Digitized by Google

webepartien dauernd erhöht worden sein und diese Erhöhung auf eine Steigerung der Wasserzufuhr durch die Fibrovasalstränge zurückgeführt werden. Dafür sprechen erstens das Auftreten der Zellstreckungen in der Nähe der Gefäßbündel, sowie die mehrfach beobachtete Betheiligung der Zellen der Gefäßbündelscheide und endlich die bei Camellia besonders bemerkenswerthe Erkrankung der Spiralgefäße.

Aus diesem Befunde entnehme ich, daß die in Gelbfleckigkeit sich äußernde Erkrankung, insoweit sie mit Zellstreckung verbunden, als ein Symptom eines Allgemeinleidens aufzufassen ist, das zunächst in einer Ernährungsstörung begründet liegt. Die Störung charakterisirt sich durch das Vorhandensein einer reichlichen Wasserzufuhr zu den Blättern in einer Zeit, in denen ihnen nicht hinlänglich auch Gelegenheit zu entsprechender Assimilationsthätigkeit gegeben ist. Dieses unzuträgliche Verhältniß zwischen Wasserzufuhr und Assimilationsthätigkeit kann durch ganz verschiedene Einwirkungen herbeigeführt werden. Mir scheint aber die häufigste Veranlassung in relativ großer Bodenfeuchtigkeit zu einer Zeit zu bestehen, in welcher die Pflanzen durch niedere Lufttemperatur, geringe Lichtmenge oder eingetretene Ruheperiode u. dergl. an einer der Wasserzufuhr entsprechenden Erhöhung ihrer assimilatorischen Thätigkeit und Transspiration gehindert sind.

Die Erfahrung bei der Kultur zeigt übrigens auch, daß eine weitere Ausbreitung der Gelbfleckigkeit zumeist vermieden wird, wenn die beiden genannten Funktionen bei einem erkrankten Exemplar wieder mehr in das richtige gegenseitige Verhältniß gebracht werden. Bei Pandanus hilft in der Regel ein wärmerer Standort; bei den Araliaceen und Leguminosen gelingt es, durch Aufstellen der Pflanzen an einen recht hellen und kühlen Standort und gleichzeitiger Einschränkung des Begießens die Zunahme der Gelbfleckigkeit zu verhindern.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

F. G. Kohl. **Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe.** 122 S. mit 4 Tafeln und 3 Holzschnitten. Braunschweig 1886 bei H. Bruhn.

I. Abhängigkeit der Transpiration von den Eigenschaften der Pflanzen.

Die eigenen Versuche des Verf. setzen ein bei der Frage, wie das Benetzen der Blätter auf die Transpiration wirkt. *F. Haberlandt* und *Wiesner* hatten früher gefunden, daß abgeschnittene, vorher benetzte Blätter schneller welken als solche, bei denen die Benetzung unterblieb. *Wiesner* hatte hieraus geschlossen, daß das Wasser, welches im Freien den Blättern durch Regen und Thau zugeführt wird, denselben statt nützlich schädlich sein müsse, da jene Beschleunigung der Transpiration nach der Benetzung den Vortheil einer etwaigen direkten Wasseraufnahme durch die Blätter oder den Vortheil einer Herabsetzung durch den größeren Feuchtigkeitsgehalt der Luft nach Regen und Thaufall mehr als aufhebe oder in Nachtheil umschlagen lasse. — Wenn Wasser auf die Blattfläche zu liegen kommt, so kann eine direkte Einwirkung auf den Mechanismus der Spaltöffnungen geschehen, die aber je nach den Eigenschaften der Epidermis verschieden sein kann: Ist die Blattfläche von einer nicht benetzbaren Cuticula bedeckt, so wird das Wasser nur von den Schließzellen aufgenommen und der Spalt öffnet sich, die Transpiration steigt. Kann aber das Wasser auch in die Epidermis selbst eindringen, so wird die starke Ausdehnung der Epidermiszellen in Folge der Wasseraufnahme die Spalte zusammendrücken; die Transpiration wird nach der Benetzung abnehmen. Nach den Versuchen des Verf. welkten bewurzelte Exemplare von Mercurialis perennis nach dem Benetzen beträchtlich später als die unbenetzten. Eine normal transpirirende Pflanze transpirirt nach einer Benetzung zunächst beträchtlich langsamer; auch wenn die Blätter für das Auge bereits wieder trocken erscheinen, ist noch immer eine Verlangsamung der Transpiration zu erkennen, bis sich die letztere um vieles später wieder zur anfänglichen Intensität hebt, aber nicht dieselbe überschreitet.

Die Bewegung der Schließzellen in der angegebenen Richtung, durch Benetzung mit Wasser hervorgerufen, wurde an nicht abgetrennten Blättern verfolgt und hierbei, wie oben bemerkt, konstatirt, daß sich nach dem Bestreichen mit Wasser die Spaltöffnungen schließen oder offen bleiben, je nach der Ausbildung der Epidermis. Dagegen öffnen sich mit wenigen Ausnahmen alle Spaltöffnungen bei Einwirkung des Lichts, wenn auch nicht alle mit gleicher Energie. Auch bei gleichzeitiger Einwirkung von Wasser kann Oeffnen durch Lichteinwirkung hervorgerufen werden. Denn bei der Lichtwirkung steigert sich in Folge der Stoffproduktion die Turgescenz in den chlorophyllhaltigen Schließzellen über jene der anstoßenden Epidermiszellen. Die Verfolgung der Bewegungserscheinungen der Schließzellen an abgetrennten Hautstücken führt leicht zu falschen Vorstellungen. — Die Oeffnung durch direktes Sonnenlicht tritt auch ein, wenn aus diesem die Wärmestrahlen beseitigt werden, aber allerdings dann langsamer, so daß also auch

Digitized by Google

die in den Sonnenstrahlen enthaltenen Wärmestrahlen beschleunigend auf die Oeffnungsbewegung der Schließzellen einwirken. Diffuses Licht wirkt sehr langsam. Erhöhung der Lufttemperatur ist ohne Wirkung. Enthalten die Schließzellen wenig oder kein Chlorophyll, so ist die Schließzellenbewegung sehr träg oder sie unterbleibt ganz, was dafür spricht, daß das Licht in erster Linie die Schließzellen in Folge des Chlorophyllgehalts d. h. in Folge der zur Turgescenzsteigerung führenden Assimilation beeinflußt.

Aus den Schließzellenbewegungen im Lichte kann man folgern, daß die mächtige Steigerung, welche die Transpiration grüner Pflanzen im Lichte erfährt, hauptsächlich auf die Oeffnung des Spaltes im Lichte zu schieben ist. Indessen ergaben Versuche mit spaltöffnungsfreien grünen Objekten (Todea, Trichomanes radicans), daß auch bei ihnen Lichtwirkung die Transpiration steigert, demnach eine Beziehung zwischen Assimilationsthätigkeit des Chlorophylls und Transpiration existirt. Dasselbe läßt sich Versuchen mit grünen und chlorotischen Blättern derselben Pflanze entnehmen; die weißen Blätter gaben weniger Wasserdampf ab als die grünen. Endlich ist die Transpiration geringer, wenn die Assimilation durch kohlensäurefreie Luft unterdrückt oder herabgesetzt wird.

Wie schon *Sorauer* fand, wird die von der Flächeneinheit eines Blattes geleistete transpiratorische Arbeit größer, wenn sich die Gesammtoberfläche der Pflanze (durch Entlaubung) verkleinert.

Die Versuche des Verf. über die Periodicität der Transpiration sind noch nicht abgeschlossen; das Bisherige scheint für das Vorhandensein einer Periodicität zu sprechen, man könnte sie auch an sich schon daraus erschließen, daß der Wurzeldruck eine ganz bedeutende Wirkung auf die Transpiration übt, der Wurzeldruck aber eine Periodicität aus inneren Gründen aufweist.

II. Abhängigkeit der Transpiration von äußeren Verhältnissen.

Die eigenen Versuche des Verf. beziehen sich: 1. Auf den Einfluß des weißen Tageslichts. In Uebereinstimmung mit *Wiesner* findet Verf., daß die Transpiration durch das Licht gesteigert wird und sich beim Uebergang von hell in dunkel sofort vermindert; anfangs ist sie im Dunkeln größer als später. Beim Uebergang von dunkel in hell steigt sie nicht sofort, sondern es tritt eine Nachwirkung ein, indem die Transpiration erst noch weiter sich vermindert, um erst allmählich zu einer annähernden Konstanz sich zu heben. — Diese Sätze gelten auch für die etiolirten und andere nicht grüne Pflanzentheile. 2. Auf den Einfluß der Wärme. Sowohl Zunahme der Luft- als der Bodentemperatur beschleunigt die Transpiration. 3. Auf den Einfluß von Erschütterungen. Verf. bestätigt, daß Erschütterungen die Transpiration erhöhen, findet aber (entgegen *Baranetzki*), daß nach der Steigerung durch Erschütterung die Transpiration wieder auf dieselbe Höhe wie vor der Erschütterung und nicht unter diese zurückkehrt.

III. Einfluß der Transpiration auf die Ausbildung der Gewebe und Gewebeelemente.

Verf. ließ zum Vergleich Pflanzen bei sonst gleichen Verhältnissen in trockener und in feuchter Luft, bei trockenem und feuchtem Boden wachsen und beobachtete z. B. bei Tropaeolum majus Folgendes:

Digitized by Google

1. Boden feucht, Atmosphäre trocken.
   Dicke Cuticula, radialgestreckte Epidermiszellen mit verdickten Außenwänden und zwei darunter liegenden Zellenreihen stark collenchymatisch ausgebildet. Blattgrößenverhältniß 4.
2. Boden feucht, Atmosphäre feucht.
   Dünne Cuticula, tangential gestreckte Epidermiszellen mit äußerst dünnen Außen- und Innenwänden; kein Collenchym. Blattgröße 5.
3. Boden trocken, Atmosphäre trocken.
   Dicke Cuticula; sehr stark radial gestreckte Epidermiszellen; Collenchym weniger als bei 1. Blattgröße 1.
4. Boden trocken, Atmosphäre feucht.
   Dünne Cuticula, ungefähr kubische Epidermiszellen; Collenchym kaum vorhanden. Blattgröße 3.

Aehnliche Abänderungen wurden auch bei anderen, theils künstlich gezogenen, theils entsprechenden Standorten im Freien entnommenen Pflanzen beobachtet. Im Allgemeinen veranlaßt trockene Luft stärkere Wandverdickung und Verholzung, lückenlosen Aneinanderschluß der Zellen, collenchymatische Ausbildung der Wände, radiale Zellstreckung, stärkere Ausbildung der Xylemtheile, Zunahme der Zahl und Weite der Gefäße, der Zahl und Länge der Haare. Es sind dies lauter Veränderungen, welche sich als für die Pflanze nützlich gegen zu starke Wasserabgabe erweisen. Feuchte Luft bewirkt die entgegengesetzten Veränderungen. Oefter werden die vorhandenen Gewebe in trockener Luft nicht allein der Ausbildung nach geändert, sondern es können sich auch ganz neue Gewebe ausbilden oder vorhandene wegfallen z. B. Sklerenchymringe in trockener Luft, während sie in feuchter ganz fehlen. Die dickwandigen Gewebe können deshalb nicht allein als Festigungsmittel wirken, sondern auch durch Verminderung der Transpiration, womit auch stimmt, daß Wasserpflanzen, die ihre Stengel über das Wasser heben und große schwere Blätter tragen, der mechanischen Gewebe entbehren, während Landpflanzen mit kleineren Blättern bei geringerer Beanspruchung der Tragfähigkeit des Stengels mechanische Gewebe oft überreich produciren.

Im Anhang sind die Versuche des Verf. über Wasserbewegung im Innern der Tracheen und Tracheiden besprochen, über welche wir schon referirt haben[1]).

C. K.

***L. Brasse.* Contribution à l'étude de la migration des principes hydrocarbonés dans l'organisme végétal.** Accumulation du sucre de canne dans la partie souterraine de la betterave. Extr. des Annales agronom. T. XII. 13 S.

Um die Zuckeranhäufung in der Zuckerrübe zu erklären, stellt Verf. folgende Hypothese auf. Der Zucker geht in der Rübe eine leicht zersetzbare Verbindung mit dem Protoplasma ein, wodurch er die Diffussionsfähigkeit verliert. Diese Verbindung unterliegt den Gesetzen der Dissociation, analog dem Verhalten von schwefelsaurem Kalium und Calcium bei Gegenwart von Wasser. Im Zustande des Gleichgewichts, wenn (in der Pflanze) weder Zucker gebildet noch verbraucht wird, häuft sich selber überall an, wo er die fragliche Verbindung eingehen kann, es wird zwischen der Zuckerlösung und der Verbindung ein bestimmtes Ver-

[1]) Diese Zeitschrift Bd. VIII. p. 397.

Digitized by Google

hältniß bestehen bleiben. Wird in den Blättern Zucker durch Assimilation gebildet, nimmt die Concentration der Lösung hierdurch zu, so wird mit dem Ueberschreiten der zulässigen gelösten Zuckermenge der Ueberschuß in die Protoplasmaverbindung eintreten, umgekehrt, wenn Zucker z. B. zum Wachsthum verbraucht und hierdurch die Lösung verdünnt wird, wird sich die Verbindung zersetzen, bis die frühere Zuckermenge, die Dissociationstension, wieder hergestellt ist. Aus Rübenstücken in reinem Wasser müßte demnach Zucker austreten (!), in Zuckerlösungen je nach deren Stärke von der Rübe Zucker aufgenommen oder abgegeben werden.

Als Rübenstücke 24 Stunden in Zuckerlösungen verschiedener Koncentration verbrachten, hatte die überstehende Lösung an Zucker etwas zugenommen, wenn die Koncentration geringer war, sonst abgenommen. Z. B.

	% Zuckergehalt der Lösung.									
Vorher	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Nachher	0,72	1,13	1,5	1,95	2,36	2,9	3,4	3,8	4,3	4,6
Differenz	+0,21	+0,13	+0	−0,05	−0,14	−0,10	−0,10	−0,20	−0,20	−0,40.

Chloroformirte Rüben gaben nur Zucker ab und nahmen keinen auf.

Weiter wurde der Zuckergehalt der Lösungen und der Rübenstücke vor und nach 24stündigem Verweilen in den Zuckerlösungen bestimmt und das nämliche Resultat erhalten:

Zuckergehalt der Rübe 13,57 bis 14,58%.

	Koncentration der Lösungen (%).									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Zucker in den Lösungen in mg:									
Vorher	261	465	708	999	1120	1356	1572	1726	1983	2167
Nachher	636	731	833	1055	1140	1233	1519	1726	1831	2022
Differenz	+315	+265	+125	+46	+20	−123	−53	−0	−152	−145.
	Zucker in der Rübe in mg:									
Vorher	2061	2182	1978	2189	2026	1763	1575	1758	1572	1722
Nachher	1671	1908	1844	2129	2002	1874	1623	1763	1716	1859
Differenz	−390	−275	−133	−60	−24	+111	+48	+5	+144	+137.

C. K.

J. H. Gilbert. **Ueber die Bedingungen der Entwickelung und der Wirksamkeit des Chlorophylls.** The Gardeners Chronicle. 1885. — Chemical News. Vol. LII. p. 263. — *Biedermann*'s Centralblatt für Agrikulturchemie. 1886. S. 373.

Es ist bekannt, daß die Pflanzen je nach der Art des Bodens, der Düngung u. dgl. ein verschieden lebhaftes Grün zur Schau tragen. Die Intensität dieses Grüns steht nach verschiedenen Beobachtungen, welche Verf. bei den Rothamsteder Feldversuchen zu machen Gelegenheit hatte, nicht in direktem Zusammenhang mit der Größe der Kohlenstoffassimilation — wie man bisher wohl meistens angenommen hat — sondern weit eher mit der procentischen Menge des Stickstoffes in der trockenen Pflanzensubstanz.

Auf Anregung des Verf. unternahm *W. J. Russel*, welcher sich viel mit dem Chlorophyll beschäftigt hat, die Bestimmung dieses Stoffes in einer Anzahl von Heu-, Weizen- und Gerstenproben vom Rothamsteder Versuchsfelde, während die Be-

Digitized by Google

stimmungen der Trockensubstanz und des Stickstoffes vom Verf. ausgeführt wurden. Die Zahlenergebnisse dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle enthalten:

	Proc. Stickstoff in der Trockensubstanz.	Relative Chlorophyll-mengen.	Kohlenstoff assimilirt pro Acre und Jahr. absolut.	Differenz.
Heu.				
Gramineen	1,190	0,77	—	—
Leguminosen	2,478	2,40	—	—
Weizen.				
a) Gedüngt mit Ammoniaksalzen allein	(1,227)[1]	2,00	1398	— 824
b) » mit Ammon.- u. Mineralsalzen	(0,566)	1,00	2222	
Gerste.				
a) Gedüngt mit Ammoniaksalzen allein	(1,474)	3,20	1403	— 685
b) » mit Ammon.- u. Mineralsalzen	(0,792)	1,46	2088	

Diese Zahlen zeigen zunächst, daß das Leguminosenheu einen bedeutend höheren Procentsatz an Stickstoff enthält als das Gramineenheu, und daß in gleicher Weise der Procentgehalt des Leguminosenheues an Chlorophyll sehr viel höher ist. Unter gleichen Verhältnissen assimiliren jedoch die Leguminosen nicht so große Mengen Kohlenstoff im Verhältniß zu Stickstoff als die Gramineen.

Weiter ist zu ersehen, daß der mit Ammoniaksalzen allein gedüngte Weizen einen weit höheren Gehalt an Stickstoff und ebenso an Chlorophyll besitzt als der mit Ammoniak- und Mineralsalzen gedüngte Weizen. Trotzdem ist die Kohlenstoffassimilation bei dem an Stickstoff und Chlorophyll reichen Weizen beträchtlich geringer gewesen. Dieselben Verhältnisse sind bei der Gerste vorhanden. Es ist sonach klar, daß die Chlorophyllbildung im engen Zusammenhang mit der Menge des assimilirten Stickstoffs steht und daß die Kohlenstoffassimilation nicht im Verhältniß zu der Menge des gebildeten Chlorophylls steigt.

C. Timirjaseff. **Das Chlorophyll und die Reduktion der Kohlensäure durch die Gewächse.** Compt. rend. T. CII. 1886. p. 686—689. — *Biedermann*'s Centralbl. f. Agrikulturchemie. S. 375.

Eine alkoholische Chlorophyllösung mit nascirendem Wasserstoff vorsichtig behandelt liefert ein strohgelbes Reduktionsprodukt, wenn die Lösung dünn ist, und in koncentrirter Lösung ein braunrothes, das bei Lampenlicht rubinroth aussieht. Die reducirte Substanz hat ein deutliches Spektrum, welches hauptsächlich durch die Abwesenheit des Bandes I im Roth charakterisirt ist. Dieses Band wurde bisher als unveränderliches Kennzeichen aller Derivate des Chlorophylls betrachtet. Eine andere Eigenthümlichkeit dieses Spektrums ist ein breites Band an der Stelle des Bandes II und der beiden Intervalle zwischen den Absorptionsbändern I und II und zwischen III und IV des Chlorophyllspektrums. Die in Rede stehende Substanz oxydirt sich an der Luft außerordentlich schnell und bildet wieder Chlorophyll. Offenbar hat man es mit einem Körper zu thun, der analog demjenigen ist, der

[1] Die Zahlen in Parenthese repräsentiren Bestimmungen in nicht vollständig trockenen Proben.

Digitized by Google

in den Pflanzen existiren muß, da z. B. etiolirte Pflanzen sich nur auf Kosten des Sauerstoffs der Luft grün färben. Verf. spricht ihn als ein Reduktionsprodukt des grünen Princips im Chlorophyll an, welches er 1869 als Chlorophyllin beschrieb, und nennt ihn provisorisch Protophyllin. Dessen Lösung kann nur im zugeschmolzenen Rohr aufbewahrt werden, aber auch darin färbt sie sich im Sonnenlicht rasch grün, wenn Kohlensäure zugegen ist, während, im Dunkeln aufbewahrt, die Farbe und das charakteristische Spektrum der Lösung unverändert bleibt. Enthält das Rohr Wasserstoff statt Kohlensäure, so ruft das Licht keine Aenderung hervor. Ob in jenem Falle die Oxydation auf Kosten der Kohlensäure stattfand, ist ungewiß, da das in der Röhre bleibende Gas nicht untersucht wurde.

Da eine Veränderung und zwar Oxydation des Chlorophylls sich im Spektrum durch Aufhellung der beiden Intervalle (zwischen den Bändern I und II und III und IV) zu erkennen giebt, so meint Verf., daß das Protophyllin den Unterschied zwischen dem Spektrum des frisch extrahirten und des durch Oxydation veränderten Chlorophylls verursacht. Denn gerade an der Stelle jener beiden Intervalle hat das Protophyllin ein breites Absorptionsband, und dieses würde sich mit Zerstörung oder Oxydation des Protophyllins aufhellen.

G. Bonnier und L. Mangin. **Die Thätigkeit des Chlorophylls im ultravioletten Dunkel.** Compt. rend. T. CII. 1886. p. 123—126. — *Biedermann's* Centralbl. f. Agrikulturchemie. 1886. S. 314.

Man weiß, daß die Thätigkeit des Chlorophylls im Lichte nur durch die Strahlengattungen bewirkt wird, welche jenes absorbirt, also durch diejenigen, welche den dunklen Streifen im Absorptionsspektrum des Chlorophylls entsprechen.

Einer dieser Absorptionsstreifen liegt außerhalb der Grenze des für unser Auge sichtbaren Spektrums, derart daß ein Theil des Streifens, der über die äußersten violetten Strahlen hinausreicht, für uns in Dunkel gehüllt ist. Die Strahlen, welche diesem unsichtbaren Theil des Streifens entsprechen, sind zwar ohne Wirkung auf das Auge, aber jedenfalls wirksam auf das sie absorbirende Chlorophyll.

Die Verff. prüften, ob die Thätigkeit des Chlorophylls, für die ja die brechbarsten Strahlen des Spektrums die wichtigsten sind, auch im ultravioletten Dunkel vor sich geht. Die größte Schwierigkeit stellen bei dieser Prüfung die Athmungserscheinungen im Dunkeln entgegen, indem sie geeignet sind, die Thätigkeit des Chlorophylls zu verdecken.

Nach Untersuchungen der Verff. über die Athmung ist das Verhältniß der ausgeathmeten Kohlensäure zum absorbirten Sauerstoff unabhängig von der Natur der die Pflanze treffenden Strahlen, während hiervon die Thätigkeit des Chlorophylls unmittelbar abhängt. Ist also in einem gegebenen Zeitpunkt für eine bestimmte Pflanze das Verhältniß $\frac{CO_2}{O} < 1$, so wird dieser Quotient, was auch die einwirkenden Lichtstrahlen für welche sein mögen, unveränderlich bleiben, wenn die Athmung allein zur Geltung kommt. Ueberwiegt aber die Thätigkeit des Chlorophylls die Athmungsmungserscheinungen,

Digitized by Google

so wird jener Quotient als Resultante zweier in ihren Wirkungen einander entgegengesetzten Vorgänge wachsen. Bringt man nun Pflanzen in den Theil des Spektrums, der den für unser Auge nicht mehr wahrnehmbaren rothen Strahlen entspricht und hierauf in das ultraviolette Dunkel, so kann entweder jenes Verhältniß unverändert bleiben, und dann ist keine Thätigkeit des Chlorophylls vorhanden, oder sein Werth steigt merklich, dann bewirken die ultravioletten Strahlen Zersetzung der Kohlensäure. Die Verff. erhielten mit verschiedenen Pflanzen die nachstehenden Resultate:

	CO_2 im gewöhnlichen Dunkel.	im ultravioletten Dunkel.
Picea excelsa	0,73	1,05
Sarothamnus scoparius . .	0,66	0,84
Pinus silvestris	0,85	0,99
Erica cinerea	0,81	0,99
Olex agnifolium	0,76	0,96

Diese Versuche fanden im März statt, weitere im Juli zeigten noch größere Unterschiede. Das Ergebniß ist, daß die Thätigkeit des Chlorophylls im ultravioletten Dunkel vor sich geht.

G. Bonnier und L. Mangin. **Ueber die Athmung der Pflanzen.** Ann. des Scienc. nat. Bot. II. 4—6 und «Der Naturforscher». 1886. Nr. 14. S. 153.

Die Verff. haben kürzlich die allgemeinen Schlüsse, welche sie aus ihren zahlreichen Beobachtungen[1]) zu ziehen sich berechtigt glauben, in einer Abhandlung zusammengefaßt. Derselben sind die folgenden Angaben entnommen.

Die Athmung besteht bei den Pflanzen ebenso wie bei den Thieren in der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe der Kohlensäure. Für die Untersuchung der Pflanzenathmung sind am geeignetsten die chlorophyllfreien Pflanzen, wie z. B. die Pilze, ferner die keimenden Samen. Bei den grünen Pflanzentheilen muß der Assimilationsproceß, der in einer Aufnahme von Kohlensäure und in einer Abgabe von Sauerstoff besteht, ausgeschlossen werden, am einfachsten durch Verdunkelung, da bei jenem Proceß das Licht ein nothwendig mitwirkender Faktor ist. Ein Hauptgewicht bei der Untersuchung der Pflanzenathmung legten die Verff. auf eine möglichst umfassende Bearbeitung der Frage, ob überhaupt und unter welchen Bedingungen zwischen dem Volum des eingeathmeten Sauerstoffs und dem Volum der ausgehauchten Kohlensäure ein bestimmtes Verhältniß herrscht. In der That zeigten die Versuche, daß die volumetrische Beziehung $\frac{CO_2}{O}$ für dieselbe Pflanze in einem gegebenen Moment eine sehr konstante Größe ist, welche bei sonst sich gleich bleibenden anderen Bedingungen in sehr weiten Grenzen unverändert bleibt, in welchem Mengenverhältniß die Gase in der Luft vorhanden sind. Ebenso wird mit verschiedener Höhe der Temperatur innerhalb der Grenze von 0° und 36° C. der Quotient $\frac{CO_2}{O}$ nicht verändert und er bleibt sich ferner gleich, ob die Versuchspflanzen im Dunkeln gehalten oder mit Licht verschiedener Intensität

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 130, 269, 395.

Digitized by Google

beleuchtet werden. Dagegen variirt die Beziehung der ausgewechselten Gase bei derselben Pflanze mit der allmählichen Entwickelung der letzteren. Während der Keimung wird im Allgemeinen ein größeres Volum Sauerstoff aufgenommen, als Kohlensäure ausgeathmet wird, so daß der Quotient $\frac{CO_2}{O}$ in diesem Lebensstadium sein Minimum erlangt, welches besonders auffallend klein bei den ölhaltigen Samen ist, wie schon durch ältere Versuche bekannt war. Im Laufe der Entwickelung von einjährigen Pflanzen wird von der Keimung an der Quotient allmählich größer, bis er zur Blüthezeit sein Maximum erreicht, um gegen den Herbst hin wieder abzunehmen. Als Beispiel mögen die Zahlen für Tabakspflanzen angegeben werden. Während der Keimung im Frühjahr ist der Quotient $\frac{CO_2}{O} = 0{,}58$; im Laufe des Sommers steigt er, um Ende Juli sein Maximum zu erreichen. In dieser Zeit ist er für die Blätter = 0,87, für die jungen Früchte gleich 0,92. Am Anfang November ist er für die Blätter = 0,73. Bei Pflanzen mit immergrünen Blättern, z. B. bei dem Epheu erreicht der Quotient sein Maximum im Frühjahr; für die Blätter des Epheu wurde dasselbe am 15. Mai = 1 gefunden, für Zweige der Roßkastanie am 22. April = 1,06. Im Allgemeinen sind die Fälle nicht häufig, wo selbst im Maximum der Quotient größer ist als 1.

Eine zweite Reihe von Versuchen beschäftigte sich mit der Frage, in welcher Abhängigkeit die Intensität des Gaswechsels bei der Athmung von den Entwickelungszuständen, vor Allem von den äußeren Bedingungen, wie Wärme, Feuchtigkeit, Licht steht. Die Verff. bestätigten die schon früher bekannte Thatsache, daß mit dem Steigen der Temperatur die absolute Menge des eingeathmeten Sauerstoffs und der ausgehauchten Kohlensäure kontinuirlich gesteigert wird. Im Gegensatz zu vielen anderen Lebensprocessen der Pflanze, wie z. B. Wachsthum, Bewegung u. s. w., für welche ein Temperaturoptimum existirt, über welches hinaus eine Steigerung der Temperatur wieder eine Schwächung des betreffenden Processes herbeiführt, wächst die Intensität der Athmung fortwährend bis zu dem Moment, wo durch zu hohe Temperatur der Tod der Pflanze eintritt. Bisher nicht genauer untersucht war die Abhängigkeit der Athmung von den Feuchtigkeitsverhältnissen. Die Verff. fanden, daß mit der Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes der umgebenden Luft auch die Intensität der Athmung variirt in der Richtung, daß dieselbe zunimmt mit der Vermehrung der Feuchtigkeit. Ferner hat sich auch eine deutliche Abhängigkeit vom Lichte nachweisen lassen, insofern gegenüber der Dunkelheit die Beleuchtung die Athmung etwas herabsetzt und zwar wirkt in dieser Beziehung die weniger brechbare Hälfte des Sonnenspektrums (roth und gelb) stärker herabsetzend als die stärker brechbare (blau und violett).

Die verschiedenen Entwickelungsstadien derselben Pflanzenart, die verschiedenen Organe desselben Individuums, wie Wurzeln, Stengel, Blätter, Blüthen, Früchte, verhalten sich, wie aus den früheren Arbeiten anderer Forscher bekannt ist, sehr verschieden in der Intensität ihrer Athmung. Hierauf gehen die Verff. nicht näher ein. Jedenfalls geben die Untersuchungen der Verff., die, wie ihre früheren Arbeiten zeigen, ihre Experimente mit Sorgfalt und Kritik ausgeführt

Digitized by Google

haben, für die Lehre von der Athmung eine sichere Grundlage von Thatsachen, von denen aus weiter gearbeitet werden kann. Was für chemische Processe zwischen der Einathmung des Sauerstoffs und der Aushauchung der Kohlensäure in den lebenden Zellen vor sich gehen, ist noch vollständig unbekannt; auf die Hypothesen und Theorien, welche in der Litteratur darüber ausgesprochen worden sind, lassen sich beide Forscher ebenso wenig ein wie darauf, selbst eine neue Auffassung über das Wesen der Athmung zu liefern.

G. Bonnier. **Ueber die Wärmemengen, welche von den Pflanzen abgegeben und aufgenommen werden.** Compt. rend. Févr. 1886, und Biologisches Centralblatt. Bd. VI. 1886. Nr. 13.

Indem Verf. die im Jahre 1879 begonnenen Versuche[1]) über die Wärmemenge, welche von keimenden Samen abgeschieden wird, wieder aufnahm, bemühte er sich in allgemeinerer Form die Unterschiede zwischen der Eigenwärme der Pflanzen und der äußeren Umgebung festzustellen.

Man hat bisher niemals die Wärmemengen, welche von den Geweben der Pflanzen absorbirt und abgegeben werden, gemessen, und die Temperaturbeobachtungen, welche von verschiedenen Forschern gemacht sind, erlauben nicht, die Menge der erzeugten Wärme zu berechnen, nicht einmal eine diesem Werth proportionale Zahl anzugeben. Und es ist doch, wie später gezeigt werden wird, vor Allem wichtig und interessant zu wissen, wieviel Kalorien von einem bestimmten Pflanzentheil in einem gegebenen Zeitpunkt seiner Entwickelung erzeugt werden.

Verf. hat nach zwei verschiedenen Methoden gearbeitet, erstens mit dem Kalorimeter, zweitens mit Anwendung konstanter Temperaturen.

Verf. bediente sich des Kalorimeters von *Berthelot*, wie man es gewöhnlich für das Studium langsam eintretender Reaktionen anwendet. Die dem Versuch unterworfenen Objekte wurden entweder direkt in Wasser gethan oder in lufterfüllte Platinrecipienten, die untergetaucht werden konnten.

Bei der zweiten Art der Versuchsanstellung benutzte Verf. das Kalorimeter von *Rynault*, indem er dabei die Methode der konstanten Temperaturen befolgte. Das *Rynault*'sche Kalorimeter ist bekanntlich ein Thermometer, in dessen Kugel sich ein kleiner Recipient befindet. Die in den letzteren gelegten Pflanzentheile befinden sich also in einer doppelten Glasumhüllung, welche Quecksilber oder Alkohol enthält. Bei dem Versuch bringt man das leere Kalorimeter in einen Raum von konstanter Temperatur, so daß der letztere und das Kalorimeter genau die gleiche Temperatur haben. Darauf führt man in den Recipienten des Kalorimeters die Versuchspflanzen oder Pflanzentheile ein, möglichst mit der gleichen Anfangstemperatur. Nach Verlauf einer gewissen Zeit zeigt, während die umgebende Luft immer dieselbe Temperatur t_1 beibehält, das Kalorimeter Temperatursteigerungen, die mit t_2 bezeichnet werden mögen. Ist der Unterschied zwischen diesen beiden Wärmegraden nicht zu groß, so kann man setzen

$$q = k\,(t_2 - t_1),$$

wobei k eine Konstante ist und q die Menge der in einer Sekunde von den lebenden Geweben abgegebenen Wärme bedeutet.

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 82.

Digitized by Google

Durch einen zweiten Versuch kann man k bestimmen, indem man von Minute zu Minute den Temperaturrückgang an dem dieselben Pflanzen enthaltenden Apparat beobachtet, nachdem sie vorher etwa durch Anästhesirung getödtet worden. Wenn Θ die Temperatur am Anfang der Minute ist und $\Delta\Theta$ die Erniedrigung während einer Minute, so hat man

$$M\Delta\Theta = K\left(\frac{\Theta - \Delta\Theta}{2} - t_1\right) \times 60,$$

wobei M die Wärmemenge des Ganzen bedeutet, die in der gewöhnlichen Weise bestimmt wird.

Die Versuche erstreckten sich auf folgende Pflanzen: Erbse, Kichererbse, Mais, Weizen, Bohne, Feldbohne, Ricinus, Kresse, Brunnenkresse, Lupine, Iris, Richardia, Syringa, Robinia. Beide soeben angedeutete Methoden ergeben genügend übereinstimmende Resultate, um daraus die folgenden Ergebnisse ziehen zu dürfen.

Die in gleicher Zeit von einem gleichen Gewicht pflanzlichen Gewebes abgegebenen Wärmemengen sind sehr verschieden, je nach dem Entwickelungszustand der Pflanze und des Pflanzentheils. Die Zahl der Kalorien geht im Allgemeinen von einem Maximum zu einem Minimum über. Die höchsten Maxima findet man beim Beginn der Keimung und während der Blüthezeit.

Man beobachtet, daß diese beiden Perioden, während welcher die Wärmeabgabe die intensivste ist, zusammenfallen mit denjenigen, in denen die Intensität der Athmung die größte ist; aber man darf deshalb nicht ohne Weiteres schließen, daß zwischen beiden Erscheinungen eine direkte Beziehung besteht.

Es wurde nämlich in einigen der erwähnten Versuche die von den Versuchsobjekten ausgeschiedene Kohlensäure gemessen und ebenso in einigen die Menge des absorbirten Sauerstoffs. Indem dann die Zahl der Kalorien berechnet wurde, die nöthig waren, um die Quantität während des Versuchs erzeugter Kohlensäure zu bilden, und dieselbe mit der beobachteten Zahl verglichen wurde, fand man niemals eine genaue Uebereinstimmung. Die ausgeschiedene Wärmemenge entspricht also nicht derjenigen, welche die Verbrennung der vom Organismus verlorenen Kohle darstellen würde, eine Anschauung, die man früher hegte.

Bei Beginn der Keimung findet man für die oben genannten Pflanzen die Zahl der abgegebenen Kalorien größer, als diejenige sein würde, welche die Bildung der producirten Kohlensäure ergeben hätte. So, daß ein Kilogramm keimender Erbsen, unter die angegebenen Bedingungen gebracht, in der Minute eine Kohlensäuremenge abgiebt, deren Bildung vier Kalorien berechnen läßt, während man unter den gleichen Bedingungen eine wirkliche Abgabe von 12 Kalorien in der Minute findet. Diese letztere Zahl ist sogar noch größer als diejenige, welche sich ergeben würde bei der Verbindung der Kohle mit dem gesammten von dem keimenden Samen während einer gleichen Zeit aufgenommenen Sauerstoff (7 Kalorien in dem citirten Versuche). — Dagegen läßt sich am Ende der Keimung oder für einen erwachsenen beblätterten Zweig gerade das Entgegengesetzte konstatiren. Dasselbe gilt für aufgeblühte Blüthen und reifende Früchte, welche in den untersuchten Fällen stets eine geringere Wärmemenge abgaben als diejenige, welche die Bildung der ausgeschiedenen Kohlensäure ergeben hätte.

Bekanntlich hat man es bei der Untersuchung lebender Gewebe nicht mit einfachen chemischen Reaktionen zu thun, man mißt nur die Resultate verschie-

Digitized by Google

dener gleichzeitiger Vorgänge. Um die letzteren von einander zu trennen, muß man zu Hypothesen schreiten. Die in dieser Notiz angedeuteten Thatsachen kommen einer der wichtigsten Hypothesen zu Hilfe, die über die inneren Vorgänge aufgestellt sind, der Hypothese nämlich, daß die nicht direkt assimilirbaren Reservestoffe sich im Allgemeinen im Organismus unter Wärmeabsorption bilden, während die Umbildung dieser Stoffe in assimilirbare Körper mit einer Wärmeabgabe verbunden ist.

Im Zusammenhang mit diesen Vorgängen kann man die Produktion der Kohlensäure betrachten, deren Bildung eine große Menge Kalorien erzeugt. So lange die untersuchten Gewebe in der Verzehrung einer begrenzten Reservestoffmenge begriffen sind, wie beim Beginn der Keimung, addirt sich gewissermaßen die durch die Umformung der Reservestoffe erzeugte Wärme zu derjenigen, welche die Bildung der Kohlensäure erzeugt. Sind dagegen die betreffenden Gewebe im Begriff, Reservestoffe zu bilden, wie bei den reifenden Früchten, dann subtrahirt sich die durch die Bildung dieser Substanzen absorbirte Kohlensäure von der durch die Athmung frei gewordenen, und man mißt nur die Differenz zwischen diesen beiden Quantitäten.

F. Darwin und R. W. Phillips. **Ueber den Transpirationsstrom in abgeschnittenen Zweigen.** Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. Vol. V. 1885. p. 330, und Naturw. Rundschau. 1886. Nr. 24. S. 208.

Zur Messung des Transpirationsstromes bedienten sich die Verfasser eines eigenen Apparates, den sie Potometer nannten. Er besteht aus einem senkrechten Rohre, von dem ein in der Mitte abgehender Seitenast nach oben sich krümmt und den abgeschnittenen Zweig aufnimmt; das senkrechte Rohr ist beiderseits luftdicht verschlossen und hat im unteren Pfropfen ein offenes Kapillarrohr, das unten in einer Schale mit Wasser steht; die Röhren sind alle mit Wasser gefüllt, und der transpirirende Zweig muß seinen Bedarf durch die Kapillare aus dem unteren Gefäße entnehmen. Man läßt nun hin und wieder eine kleine Luftblase in die Kapillare von unten eintreten und mißt den Transpirationsstrom an der Bewegung der Luftblase.

Dieser Apparat wurde verwendet, um den Transpirationsstrom an Zweigen zu messen, welchen in bestimmter Entfernung zwei tiefe Einschnitte an entgegengesetzten Seiten beigebracht waren, ferner an gebogenen und zusammengepreßten Zweigen. Die zahlreichen, in der Abhandlung mitgetheilten Versuche ergaben, daß ein Einschnitt den Transpirationsstrom wenig beeinträchtigt, sehr stark aber der zweite; gleichwohl hob der zweite Einschnitt, auch wenn jeder einzeln über die Mitte des Zweiges reichte, den Transpirationsstrom nicht ganz auf. Ganz so wie der Transpirationsstrom verhielt sich im Allgemeinen der Filtrationsstrom. Das Biegen der Zweige und ihr Zusammendrücken verminderte die Transpiration bedeutend, ohne sie aufzuheben. Die Verf. betrachten ihre Resultate als entschiedene Anzeichen dafür, daß der Saft der Pflanzen in den Hohlräumen der Zweige aufsteige.

E. Godlewski. **Ueber die Imbibition des Holzes.** Kosmos. Bd. IX. 1885. Heft VII. S. 312—316, und Botan. Centralblatt von *O. Uhlworm.* Bd. XXV. 1886. Nr. 8. S. 236—238.

Digitized by Google

Da die von *Sachs* zuerst eingeführte und dann von *Hartig* adoptirte Methode der Bestimmung der Menge des von den Membranen des Holzes imbibirten Wassers auf der Voraussetzung beruht, daß durch das Austrocknen des Holzes bei 105° C. die molekulare Struktur der Membranen sich nicht verändert und daß das Wasser bei der darauffolgenden Aufnahme desselben in feuchter Atmosphäre von den Membranen in der nämlichen Menge imbibirt wird, in der es vor dem Trocknen in denselben enthalten war, — eine solche Voraussetzung aber keineswegs als bewiesen zu betrachten ist —, so stellte sich Verf. zur Aufgabe, eine andere zuverlässigere Methode zur Bestimmung des Imbibitionswassers des Holzes ausfindig zu machen und zugleich zu erforschen, in wie weit durch das Austrocknen die molekulare Struktur der Holzmembranen eine Aenderung erfährt.

Die Methode des Verf. beruht nun darauf, daß er ein Stückchen Holz, dessen Gewicht und Volumen zuvor genau ermittelt wurden, zwischen zwei Uhrgläschen legt, um das Austrocknen möglichst zu verlangsamen und dann jede 24 Stunden die Gewichts- und Volumenbestimmung desselben vornimmt. Es ist nun einleuchtend, daß, so lange das Wasser in den Zellen selbst enthalten ist, das Volumen des Holzstückchens sich nicht verändern kann, da die Verdunstung der Membranen durch die Imbibition des Wassers aus den Zelllumina alsogleich gedeckt wird. Fängt nun das Holzstückchen sein Volumen zu verkleinern an, so läßt sich annehmen, daß dann nicht nur das gesammte Wasser der Zellen, sondern auch ein Theil des Wassers aus den Membranen verdunstet wurde. Jetzt wird das Holzstückchen in eine mit Dampf gesättigte Atmosphäre gebracht und in dieser so lange gehalten, bis sein Gewicht sich konstant erhält und das Volumen wenigstens annähernd dem ursprünglichen Volumen gleichkommt. In diesem Zustande befindet sich in den Zellen selbst kein Wasser, nur die Membranen sind mit Wasser vollständig gesättigt. Der Unterschied zwischen dem anfänglichen und dem jetzt gefundenen Gewicht bezeichnet die Menge des in den Zellen und Gefäßen des frischen Holzstückchens enthaltenen Wassers. Es erübrigt jetzt, das Holzstückchen bei 105° auszutrocknen und das Gewicht der trockenen Substanz des Holzes zu bestimmen. Die Differenz zwischen dem Gewichte des trocknen Holzstückchens und dem Gewichte desselben im mit Wasser gesättigten Zustande giebt die Menge des in den Zellmembranen enthaltenen Wassers, d. i. den Ausdruck für die Imbibitionsgröße der Membranen an. Mit Hilfe dieser Methode bestimmte Verf. das Imbibitionswasser des Holzes von Cornus Alba auf 79,5—83,4, von Prunus Mahaleb auf 90,1—92,5.

Zur Beantwortung der Frage, in wie weit durch wechselnde Austrocknung und Imbibition die molekulare Struktur der Holzmembranen sich verändert, wurden Holzstückchen in mäßig feuchter und trockener Luft zuerst getrocknet, dann in dampfgesättigte Atmosphäre gebracht und dabei die Gewichts- und Volumveränderungen derselben genau bestimmt. Aus diesen Bestimmungen und der gefundenen Trockensubstanz des Holzes wurde alsdann das Volumen der mit Wasser imbibirten Membranen und der Zelllumina berechnet. Diese Untersuchungen führten zu folgenden Resultaten:

1. Beim Trocknen des Holzes findet von dem Augenblick an, in welchem sämmtliches Wasser aus den Zelllumina verschwindet, eine Volumverminderung

Digitized by Google

desselben statt, welche beim vollständigen Austrocknen bis zu 20% des anfänglichen Volumens betragen kann.

2. Mit der Kontraktion des Holzes vergrößert sich die absolute Kapacität der Zellen, ein Umstand, der für eine stärkere Kontraktion der Membranen in radialer als in tangentialer Richtung spricht.

3. Wenn die Austrocknung des Holzes nicht zu weit vorgeschritten war, so absorbiren die Membranen in mit Wasserdampf gesättigter Atmosphäre eben so viel Wasser, wie viel sie früher durch Verdunstung verloren haben, die Kapacität der Zellen vermindert sich und das Holz geht wieder in den Zustand über, in welchem es sich vor der Kontraktion befand.

4. War das Austrocknen weiter vorgeschritten, so absorbirt es nach Einbringen in dampfgesättigten Raum weniger Wasser, als es vor Beginn der Kontraktion enthielt; trotzdem nimmt es sein anfängliches Volumen wieder an, so daß jetzt die Kapacität der Zellen wieder größer wird, ein Beweis, daß das imbibirte Wasser sich jetzt mehr in tangentialer als in radialer Richtung zwischen den Membranmolekülen lagert.

5. Stark ausgetrocknetes und dann in feuchter Atmosphäre von Neuem gequollenes Holz kontrahirt sich bei der folgenden Trocknung weniger als ganz frisches Holz, zeigt aber ein größeres Volumen als frisches in gleichem Grade ausgetrocknetes Holz.

6. Aus obigen Thatsachen ergiebt sich, daß beim schwachen Trocknen die molekulare Struktur der Wände keinerlei Veränderungen erleidet, daß aber sich solche einstellen, sobald die Austrocknung eine stärkere wird. Deshalb ist es unzulässig, aus der Imbibition eines bei 105° C. getrockneten Holzes auf die Menge des im frischen Zustande von den Holzmembranen imbibirten Wassers direkt zu schließen. Die von *R. Hartig* gefundenen Zahlen des Imbibitionswassers für verschiedene Holzarten sind ungenau und erheischen eine Berichtigung.

J. Sachs. **Ueber die Wirkung des durch eine Chininlösung gegangenen Lichts auf die Blüthenbildung.** Sitzungsber. d. Würzburger Phys.- med. Ges. 1886. XV. Sitzung.

Aus einer Reihe von Versuchen mit Tropaeolum majus, welche Verf. im Sommer 1883 und 1886 angestellt hat, geht die Thatsache hervor, daß Pflanzen, welche ihr Licht (von der Keimung an) durch eine hinreichend dicke und hinreichend koncentrirte schwefelsaure Chininlösung ausschließlich erhalten, zwar ebenso kräftig vegetiren wie diejenigen Pflanzen, welche unter sonst gleichen Umständen von Licht getroffen werden, welches durch chininfreies reines Wasser gegangen ist; dagegen bilden sich bei ersteren nur winzig kleine Blüthenknospen, welche nach einigen Tagen völlig verderben, während letztere schöne große, prachtvoll gefärbte und fruchtbare Blüthen erzeugen.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche wird im 3. Heft des III. Bandes der «Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg» erscheinen. Verf. behält sich die weitere Untersuchung dieser Erfahrung in den nächsten Sommern vor.

F. G. Kohl. **Plasmavertheilung und Krümmungserscheinungen in den Pflanzen.** *Wigand*'s Botan. Hefte. 1885. S. 161. — Der Naturforscher. 1885. S. 337.

Digitized by Google

Schon *Ciesielski* hatte im Jahre 1872 beobachtet, daß in positiv geotropisch gekrümmten, aus der horizontalen Richtung sich scharf in die senkrechte umbiegenden Wurzeln die Zellen an der konkaven Krümmung mit dichtestem Protoplasma erfüllt sind, während die in der konvexen Schicht gelegenen einen klaren, fast wässrigen Inhalt führen. An positiv heliotropisch gekrümmten Pflanzentheilen stellte *G. Kraus* eine ähnliche ungleichmäßige Vertheilung des Protoplasmas fest. Nach *Ciesielski* entsteht die Krümmung dadurch, daß in einer horizontal liegenden Wurzel die untere Hälfte koncentrirteres Protoplasma, die obere verdünnteres enthält, ersteres weniger Zellmembran ausscheiden kann als das obere und so die obere Seite stärker und sich krümmend weiter wächst.

Verf. bestätigte *Ciesielki's* Beobachtungen an Maiswurzeln und suchte weiter festzustellen, ob eine ähnliche Vertheilung des Plasmas auch in anderen gekrümmten Pflanzenorganen vorkomme. An dem einzelligen Fruchtträger von Phycomyces nitens, der auf alle Einwirkungen der Schwerkraft, des Lichtes und der Feuchtigkeit mit Krümmungserscheinungen leicht reagirt, zeigte sich, daß in gerade gewachsenen Fruchtträgern gleichmäßig vertheilte, der Längsrichtung parallele Stränge von Plasma die Innenseite des Schlauches umkleideten und einen centralen dünnflüssigeren Cylinder umgaben, daß dagegen in gekrümmten Objekten das Protoplasma an der konkaven, ein sehr dünnflüssiger Zellsaft an der konvexen Seite des Organs lagerte.

Da es negativ und positiv heliotropisch sich krümmende Organe giebt, ist in den Zellen der entsprechenden Pflanzentheile verschiedenartiges Protoplasma als vorhanden anzunehmen, nämlich einmal solches, welches von der Lichtquelle sich fortbewegt, und ferner ein Plasma, welches in den positiv heliotropischen Organen derselben zustrebt. Da ferner Pflanzen bekannt sind, die in verschiedenen Entwickelungszuständen auf eine gleiche Lichteinwirkung verschieden antworten, so müßte man auch ein Plasma beobachten können, welches sein Verhalten gegen den Lichtreiz mit der Zeit zu ändern vermag. Verf. studirte nun die Reaktionen des Plasma geschlossener Zellen gegen Lichtstrahlen und zwar in den vollkommen durchsichtigen Wurzelhaaren von Trianea Bogotensis, die ein in lebhafter Bewegung begriffenes Plasma enthalten. Dieses Plasma sammelte sich immer nur dort an, wo Licht auf das Haar fiel, während es sich von den nicht belichteten Stellen mehr und mehr entfernte. Dem entgegengesetzt verhält sich der plasmatische Inhalt von Haaren des Hypokotyls an Keimlingen von Sinapis alba. Diese Haare stehen, wenn der Keimling im Dunkeln gewachsen ist, rechtwinklig vom Stengel ab, und ihr Plasma wendet sich stets von der unmittelbar beleuchteten Wandstelle weg und sammelt sich an den dunkeln Stellen an. Ließ man nun auf vorher im Dunkeln gewachsene Keimlinge einseitig Licht fallen, so sträubten sich an den jetzt der Lichtquelle zustrebenden Hypokotylen die Haare nach rückwärts.

Da auch bei Krümmungen, welche Ranken, Stengel der Schlingpflanzen, Wurzeln u. s. w. in Folge einseitiger Berührung ausführen, Verf. eine einseitige Anhäufung von Plasma an der berührten, sich konkav krümmenden Seite feststellen konnte, so betrachtet er vorläufig das Protoplasma, das auf verschiedene Reize mit verschiedenartiger Vertheilung antwortet, als Ursache der Krümmungserscheinungen an Pflanzenorganen.

Digitized by Google

J. Wortmann. **Ueber die Natur der rotirenden Nutation der Schlingpflanzen.** Botanische Zeitung. 1886. Nr. 36—40.

Verf. kommt zu dem Schlusse, daß die rotirende Nutation keine einheitliche, rein spontane Bewegung (die in Folge dessen auch anders, nämlich rotirende Bewegung genannt wird), sondern eine Kombinationsbewegung ist, wobei einen Faktor der negative Geotropismus und einen zweiten eine eigenthümliche spontane Krümmungsbewegung bildet.

Ein aufrecht gestellter vertikaler Sproß einer Schlingpflanze, bei dem durch Drehung heliotropische Krümmung ausgeschlossen ist, krümmt sich bald mehr und mehr mit der Spitze horizontal. Diese Krümmung ist eine selbständige Wachsthumserscheinung und rührt nicht etwa vom Eigengewicht des Sprosses; sie wird auch ausgeführt, wenn der Gipfel hierbei ein Gewicht zu heben hat. Später allerdings, namentlich wenn sich die rotirende Strecke verlängert, kommt das Eigengewicht zur Geltung und verhindert die definitive Aufrichtung des Gipfels.

Das nunmehr horizontale Stengelstück äußert die Eigenthümlichkeit, daß es sich, wie *Baranetzki* zuerst gefunden hat[1]), horizontal in Richtung der Nutation krümmt; je nachdem es eine rechts oder links windende Pflanze ist, verlängert sich hiebei die linke oder rechte Flanke. Diese Flankenkrümmung ist eine rein spontane Erscheinung, welche deshalb den Namen Flankennutation erhält. Inzwischen aber wirkt auf die Unterseite dieser Spirale der Reiz der Schwerkraft ein, die Folge ist, daß sie sich aufrichtet, der Bogen kommt, da die Aufkrümmung im älteren Theil sich zuerst vollzieht, mehr oder weniger vertikal zu stehen. Hiedurch sind die Flanken vertauscht, die vorher (bei einer links windenden Pflanze) konvexe rechte Seite wird zur Oberseite, die Oberseite zur linken Flanke u. s. w. Bei dem so gedrehten Sprosse äußert sich die Flankenkrümmung, die rechte Seite wird konvex, die Spirale stellt sich wieder vertikal u. s. w. Das stärkste Wachsthum umschreitet allmählich immer nach rechts zu den Stengelumfang. Das Ergebniß der gleichzeitigen Wirkung der Flankenkrümmung und des Geotropismus ist, daß die Spitze in einer linksaufsteigenden Schraubenlinie (bei einer rechts windenden Pflanze umgekehrt) empor geführt wird. Die rotirende Bewegung setzt sich demnach zusammen aus Flankennutation und negativem Geotropismus.

Da bei frei rotirenden Stengeln zu diesen beiden Bewegungsursachen noch das Eigengewicht kommt, entstehen periodische Hebungen und Senkungen der Spitze, je nach dem Geotropismus oder Flankennutation und Eigengewicht überwiegen, was so lange dauert, bis der überhängende Gipfel zu lang und zu schwer wird.

Wenn man einen windenden Sproß um seine horizontale Achse dreht, entstehen keine Windungen, die rotirende Bewegung unterbleibt, weil die eine hiezu erforderliche Komponente wegfällt. Es treten unregelmäßige undulirende Nutationen auf, welche aber zu keinen dauernden Krümmungen führen und durch die Rektipetalität der Stengel überwunden werden. Die gewöhnliche Flankennutation kann deshalb nicht eintreten, weil bei der Umdrehung die Seiten fortwährend ihre Stelle wechseln, und kein bevorzugtes Wachsthum einer bestimmten Seite eintreten kann. Die aus inneren Gründen angestrebte Krüm-

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. S. 190—192.

Digitized by Google

mung kommt in der angegebenen unregelmäßigen Form zum Ausdruck. Die homodromen Torsionen, welche bei der Rotation am Klinostaten eintreten, erklärt Verf. als das Ergebniß des Nutationsbestrebens, das sich bei der Rektipetalität, welche den Stengel gerade zu strecken strebt, in diesen Torsionen ausgleicht.

Wenn durch eine Stütze oder sonstige Hilfe das Eigengewicht der Sproßgipfel aufgehoben und dadurch deren Ueberhängen und Umsinken verhindert wird, wird die durch Flankennutation bewirkte rotirende Bewegung unmittelbar zur Windebewegung. *C. K.*

W. Detmer. **Ueber die Einwirkung niederer Temperatur auf die Pflanzen.** Sitzungsber. d. Jenaischen Ges. f. Med. u. Naturw. Nachtrag z. Sitz. v. 19. Febr. 1886.

F. Noll. **Bemerkung zu Schwendener's Erwiderung auf die Wortmann'sche Theorie des Windens.** Botan. Zeitung. 1886. Nr. 43.

J. Wiesner. **Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut.** Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. XCIII. Bd. 1. Abthg. Januar 1886.

G. Klebs. **Einige kritische Bemerkungen zu der Arbeit von Wiesner: „Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut".** Biologisches Centralblatt. VI. Bd. 1886. Nr. 15.

Digitized by Google

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XXXIX. Untersuchungen über die durch die Hygroskopicität der Bodenarten bewirkte Wasserzufuhr.

Von **J. S. Sikorski,**
Assistent an der landw. Hochschule in Dublany.

Fast allgemein wird in der landwirthschaftlichen Praxis das Vermögen der Ackererde, in trockenen Perioden Wasserdämpfe in ihren Poren zu verdichten, als eine für das Pflanzenwachsthum wichtige und nützliche Eigenschaft betrachtet. Eine wesentliche Stütze fand diese Anschauung durch die Ergebnisse jener Versuche, welche dafür zu sprechen schienen, daß die Transpirationsgröße der Vegetationsdecke sehr viel größer sei als die durch die atmosphärischen Niederschläge zugeführte Wassermenge, und zwar insofern, als man hiernach zu der Annahme gezwungen war, daß das ganze große Deficit, selbst bei Berücksichtigung des Thaues, nur durch Kondensation Seitens der Ackererde gedeckt werde.

Solchen Folgerungen steht indessen einerseits schon die durch bloßen Augenschein zu machende Beobachtung, daß der Zustand der Felder weit öfter ein derartiger ist, daß man ihm Verdunstung zuschreiben möchte als daß er für eine ergiebige Kondensation des Wasserdampfes geeigenschaftet wäre, andererseits die von *E. Wollny* und *F. von Höhnel* ermittelte Thatsache gegenüber, daß die durch die atmosphärischen Niederschläge zugeführten Wassermengen zur Deckung der Transpirationsgröße der Gewächse vollkommen ausreichend sind. Außerdem haben *Risler*,

Digitized by Google

R. Heinrich, *A. Mayer* und *A. von Liebenberg* durch verschiedene Versuche den Nachweis geliefert, daß die Pflanzen bereits bei einem Wassergehalt zu welken beginnen, der bedeutend über der Grenze liegt, welche der Boden in Folge seiner Hygroskopicität — und zwar unter den günstigsten Bedingungen, erreichen kann, woraus folgt, daß die Pflanzenwurzeln das hygroskopisch gebundene Wasser sich nicht anzueignen vermögen.

Neuerdings hat *Eug. W. Hilgard*[1]) der von letztgenannten Forschern gewählten Untersuchungsmethode die Beweiskraft abgesprochen, weil dieselbe sich auf Umstände bezöge, die mit der großen Praxis wenig gemein hätten. Er weist hierbei hauptsächlich auf den Unterschied zwischen Topf- und Feldpflanzen hin, der darin bestehe, «daß letztere ihren Wasserbedarf zum großen wenn nicht größten Theil durch ihre Tiefwurzeln aus Bodenschichten beziehen, in denen stets kapillares Wasser enthalten ist und daß deshalb solche Pflanzen bei einem Feuchtigkeitszustand der Ackerkrume, bei dem Topfpflanzen längst welk sind, noch ganz ungestört ihre Vegetationsprocesse fortsetzen können».

Es ist nicht gut einzusehen, wie dieses Beispiel als Argument für die Verwerthung der hygroskopischen Bodenfeuchtigkeit durch die Vegetation dienen soll, denn wenn die Pflanzen bei Austrocknung der oberen Schichten das erforderliche Wasser mittelst ihrer Tiefwurzeln aus dem Untergrunde beziehen, so ist doch damit kein Beweis dafür geliefert, daß die Ackererde ihr Kondensationsvermögen zum Nutzen der Pflanzen geltend zu machen im Stande sei. Man wird eher vom Gegentheil überzeugt, wenn man die von *Hilgard* angeführte Thatsache[2]), daß solche Pflanzen, deren Pfahlwurzel zur Zeit des Eintretens der Sommerdürre den Untergrund nicht erreicht haben, absterben, offenbar doch nur deshalb, weil sie die hygroskopische Bodenfeuchtigkeit, auf welche sie unter fraglichen Verhältnissen ausschließlich angewiesen sind, nicht verwerthen können.

Die von *Hilgard* dem kondensirten Wasser zugeschriebene Wirkung auf die Bodenerwärmung ist in Wirklichkeit eine so minimale, daß man von der Wichtigkeit jener Wassermengen im Boden keine große Meinung

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 93—100.
[2]) a. a. O. S. 95.

Digitized by Google

gewinnen kann. Die von *E. Wollny* mit lufttrockenen Böden angestellten Temperaturbeobachtungen[1]) haben genugsam bewiesen, daß die Differenzen in der Erwärmung zwischen einem Boden von geringer Hygroskopicität (Quarzsand) und einem solchen von großem Kondensationsvermögen (Lehm) sehr gering sind, und daß selbst bei sehr großen Schwankungen in der Bodenfeuchtigkeit[2]) die durch letztere hervorgerufenen Unterschiede in der Bodentemperatur sehr viel kleiner ausfallen als die von *Hilgard* bezüglich der Erwärmung eines Sand- und Thonbodens angegebenen (8—12°). So große Differenzen werden unter sonst gleichen Umständen nach allen bisher angestellten Beobachtungen höchstens an der Oberfläche trockener vegetationsloser Böden[3]), aber sicherlich niemals in denjenigen Schichten des mit Pflanzen bestandenen Erdreiches gefunden, in welchen die Wurzeln sich ausbreiten. Angesichts dieser Thatsachen kann ich mich nicht der Annahme *Hilgard*'s anschließen, daß die hygroskopische Bodenfeuchtigkeit für die Erwärmung des Erdreiches von wesentlicher Bedeutung sei und hierdurch eine nützliche Wirkung auf die Vegetation ausübe.

Zur Klärung dieser Verhältnisse habe ich eine Reihe von Versuchen ausgeführt, um festzustellen, wie groß die durch die Kondensation von Wasserdampf Seitens des Bodens bewirkte Zufuhr im Vergleich zu derjenigen durch die atmosphärischen Niederschläge, und unter verschiedenen äußeren Einflüssen sei. Die bisher gewonnenen Versuchsergebnisse sind für diesen Zweck insofern nicht verwerthbar, als sich dieselben auf ein vollkommen trockenes Bodenmaterial und eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre beziehen, während unter natürlichen Verhältnissen der Boden lufttrocken, d. h. mehr oder weniger mit hygroskopischem Wasser versehen ist und die umgebende Luft in der Mehrzahl der Fälle einen vergleichsweise geringeren Feuchtigkeitsgehalt besitzt.

Meine Versuche wurden im Laboratorium des Herrn Professor Dr. *Wollny* in München ausgeführt, und spreche ich hiermit demselben für den mir gütigst ertheilten Rath meinen aufrichtigsten Dank aus.

---

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 153. 166—168. 170—171. Bd V. 1882. S. 169 u. 170.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 147.

[3]) *E. Wollny*. Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung u. s. w. Berlin 1877.

Digitized by Google

Versuchsreihe I.

Ueber die Mächtigkeit der Wasserdampf absorbirenden Bodenschichte.

Zunächst suchte ich der Frage näher zu treten, bis zu welcher Tiefe, von der Oberfläche ab, in lufttrockenen Böden eine Kondensation von Wasserdampf aus der umgebenden Atmosphäre stattfinde. Die Bodenarten, welche ich zu den betreffenden Beobachtungen verwendete, befanden sich in größeren, mit Pappdeckeln verschlossenen Glasgefäßen im lufttrockenen Zustande und waren wie folgt beschaffen:

1. Torf, Moostorf aus Oldenburg, gepulvert (0,0—0,25 mm).
2. Quarzsand Nr. I, aus Nürnberg (0,1—0,071 mm).
3. Lehm, von Berg am Laim bei München, pulverförmig (0,0 bis 0,25 mm).
4. Lehmkrümel, aus demselben Material durch Siebe hergestellt. Nr. II (0,5—1,0 mm). Nr. III (1—2 mm). Nr. IV (2—4 mm). Nr. V (4—6,75 mm).

Die relative Feuchtigkeit im Aufbewahrungsraum schwankte zwischen ca. 60—70%.

Bei Ausführung der Versuche wurden die angeführten Bodenarten in Glasgefäße von 4 cm Durchmesser und verschiedener Höhe (0,5; 1,5; 3; 4,5 und 6 cm) gefüllt und durch Aufstoßen der Gefäße auf den Tisch zu gleichmäßiger Schichtung gebracht, worauf die Oberfläche geebnet wurde. Nach dem Abwischen des äußerlich anhaftenden Staubes wurden die Apparate auf einer feinen Analysenwage gewogen und in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum übergeführt. Der letztere wurde mittelst einer Glasglocke hergestellt, welche mit ihrem eben geschliffenen Rande auf einer mit Vaselin eingefetteten Glasplatte aufruhte und oben mit einem Tubus versehen war, der während der Versuche durch einen mit einem Thermometer versehenen Kautschukpfropfen hermetisch verschlossen war. Um die Luft im Inneren feucht zu erhalten, brachte ich auf die Glasplatte drei übereinander liegende mit Wasser imprägnirte Scheiben aus starkem Fließpapier. Auf letzteres stellte ich einen Messingdreifuß, auf welchem eine zur Aufnahme der mit Boden gefüllten Gefäße dienende Glasplatte ruhte.

Genau nach 24 Stunden wurden die Absorptionsgefäße aus dem feuchten Raum entfernt und gewogen. In den nachfolgenden Tabellen

Digitized by Google

habe ich die gewonnenen Resultate zusammengestellt, wobei ich bemerke, daß die vierte Rubrik die Menge des kondensirten Wassers in analoger Weise, wie dies bei Bemessung der Niederschlagsmenge in der Meteorologie üblich ist, zum Ausdruck bringt, und zwar so, daß die Höhe der Schicht angegeben wird, welche das absorbirte Wasser eingenommen haben würde, wenn es im flüssigen Zustand zugeführt worden und weder in den Boden eingedrungen noch verdunstet wäre. Man erhält dadurch sofort einen Vergleich zwischen der durch Kondensation und der durch die gewöhnlichen Niederschläge bewirkten Wasserzufuhr.

Versuch I.

Oldenburger Torf.

A. (Temp. 13,8° C.)						B. (Temp. 14,2° C.)					
Nr. des Gefäßes	Höhe der Bodenschicht	Kondensirte Wassermenge		Relatives Verhältniß		Nr. des Gefäßes	Höhe der Bodenschicht	Kondensirte Wassermenge		Relatives Verhältniß	
		absolut	Höhe	Höhe der Bodenschicht	Kondensirte Wassermenge			absolut	Höhe	Höhe der Bodenschicht	Kondensirte Wassermenge
	cm	mgr	mm				cm	mgr	mm		
I	0,5	77,5	0,061	1	1,00	I	0,5	70,0	0,055	1	1,00
II	1,5	199,9	0,159	3	2,57	II	1,5	175,5	0,139	3	2,50
III	3,0	233,4	0,185	6	3,01	III	3,0	221,7	0,176	6	3,15
IV	4,5	246,1	0,195	9	3,17	IV	4,5	228,5	0,181	9	3,26
V	6,0	246,5	0,195	12	3,18	V	6,0	236,5	0,188	12	3,37

Versuch II.

Quarzsand I.

A. (Temp. 14,0° C.)						B. (Temp. 18,1° C.)					
I	0,5	12,0	0,009	1	1,00	I	0,5	2,8	0,002	1	1,00
II	1,5	28,5	0,022	3	2,37	II	1,5	22,0	0,017	3	7,85
III	3,0	43,4	0,034	6	3,61	III	3,0	37,4	0,029	6	13,35
IV	4,5	49,0	0,039	9	4,08	IV	4,5	47,0	0,037	9	16,78
V	6,0	57,0	0,045	12	4,75	V	6,0	48,5	0,039	12	17,32

Versuch III.

Lehmpulver.

A. (Temp. 15,1° C.)						B. (Temp. 16,9° C.)					
I	0,5	102,5	0,081	1	1,00	I	0,5	99,0	0,072	1	1,00
II	1,5	211,1	0,169	3	2,05	II	1,5	232,4	0,184	3	2,34
III	3,0	249,1	0,198	6	2,43	III	3,0	237,9	0,188	6	2,40
IV	4,5	252,0	0,200	9	2,45	IV	4,5	270,7	0,215	9	2,73
V	6,0	244,5	0,194	12	2,38	V	6,0	260,8	0,207	12	2,63

Digitized by Google

Versuch IV.

Lehmkrümel II.

A. (Temp. 14,6° C.)

Nr. des Gefäßes	Höhe der Bodenschicht cm	Kondensirte Wassermenge absolut mgr	Kondensirte Wassermenge Höhe mm	Relatives Verhältniß Höhe der Bodenschicht	Relatives Verhältniß Kondensirte Wassermenge
I	0,5	71,7	**0,057**	1	1,00
II	1,5	186,0	**0,148**	3	2,59
III	3,0	200,4	**0,159**	6	2,79
IV	4,5	206,0	**0,162**	9	2,87
V	6,0	204,5	**0,162**	12	2,85

B. (Temp. 16,7° C.)

Nr. des Gefäßes	Höhe der Bodenschicht cm	Kondensirte Wassermenge absolut mgr	Kondensirte Wassermenge Höhe mm	Relatives Verhältniß Höhe der Bodenschicht	Relatives Verhältniß Kondensirte Wassermenge
I	0,5	69,9	**0,055**	1	1,00
II	1,5	181,8	**0,144**	3	2,60
III	3,0	212,5	**0,169**	6	3,04
IV	4,5	220,1	**0,175**	9	3,14
V	6,0	204,5	**0,162**	12	2,92

Versuch V.

Lehmkrümel III.

A. (Temp. 19,05° C.)

I	0,5	89,5	**0,071**	1	1,00
II	1,5	231,4	**0,184**	3	2,58
III	3,0	285,4	**0,227**	6	3,18
IV	4,5	280,5	**0,223**	9	3,13
V	6,0	286,4	**0,228**	12	3,20

B. (Temp. 22,0° C.)

I	0,5	76,5	**0,060**	1	1,00
II	1,5	204,0	**0,162**	3	2,66
III	3,0	264,5	**0,210**	6	3,45
IV	4,5	271,5	**0,216**	9	3,54
V	6,0	275,5	**0,219**	12	3,60

Versuch VI.

Lehmkrümel IV.

A. (Temp. 18,6° C.)

I	0,5	100,9	**0,080**	1	1,00
II	1,5	203,0	**0,160**	3	2,01
III	3,0	235,8	**1,187**	6	2,33
IV	4,5	246,1	**0,195**	9	2,43
V	6,0	247,3	**0,196**	12	2,45

B. (Temp. 19,0° C.)

I	0,5	101,2	**0,080**	1	1,00
II	1,5	209,5	**0,166**	3	2,07
III	3,0	240,5	**0,191**	6	2,37
IV	4,5	249,8	**0,198**	9	2,46
V	6,0	253,0	**0,201**	12	2,50

Versuch VII.

Lehmkrümel V.

A. (Temp. 17,0° C.)

I	0,5	104,5	**0,083**	1	1,00
II	1,5	245,6	**0,195**	3	2,34
III	3,0	233,7	**0,186**	6	2,23
IV	4,5	283,0	**0,225**	9	2,70
V	6,0	287,0	**0,228**	12	2,74

B. (Temp. 18,0° C.)

I	0,5	106,0	**0,084**	1	1,00
II	1,5	230,6	**0,183**	3	2,17
III	3,0	248,5	**0,197**	6	2,34
IV	4,5	268,0	**0,213**	9	2,52
V	6,0	273,5	**0,217**	12	2,58

Digitized by Google

Aus diesen Zahlen folgt,

1. daß die Kondensation des Wasserdampfes der Luft durch den Boden sich durchschnittlich nur auf eine Tiefe von 3 cm, höchstens auf eine solche bis zu 6 cm erstreckt, und dies nur bei den leicht durchlüftbaren Böden (Quarzsand),
2. daß auch im letzteren Fall die Ansammlung hygroskopischer Feuchtigkeit in ergiebigster Weise nur bis zu einer Tiefe von 3 cm erfolgt,
3. daß die durch Kondensation des Wasserdampfes dem Boden zugeführten Wassermengen gegenüber den atmosphärischen Niederschlägen verschwindend klein sind, indem dieselben im günstigsten Fall **ca. 1/4 mm** betragen, während selbst schwache Regen dem Boden mindestens mehrere mm Wasser zuführen.

In Ansehung dieser Thatsachen und besonders unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Boden nur selten in einen solchen Zustand versetzt wird, daß er zu einer ergiebigen Kondensation des Wasserdampfes geeigenschaftet wäre, kommt man, ganz abgesehen davon, daß das absorbirte Wasser von den Pflanzenwurzeln wahrscheinlich nicht aufgenommen werden kann, zu dem Schluß, daß die vermöge der Hygroskopicität der Böden zugeführten Wassermengen für die Vegetation bedeutungslos sind.

Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man die Wirkung der für die Kondensation der Böden maßgebenden äußeren Faktoren näher festzustellen versucht, wie dies in den nachstehend beschriebenen Versuchen geschehen ist.

Versuchsreihe II.

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Kondensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf.

In den Versuchen über die Hygroskopicität des Bodens in verschieden gesättigter Luft benutzte ich durch Deckel verschließbare Holzkistchen, in welchen die Feuchtigkeit der Luft durch Einlegen, resp. Aufhängen einer größeren oder geringeren Zahl von Blättern feuchten Fließpapiers (100 u. 80%) oder durch Aufstellen von Gefäßen, welche mit Schwefel-

Digitized by Google

säure allein (60%) oder mit letzterer und andererseits mit Chlorcalcium gefüllt waren, auf gewünschter Höhe gehalten wurde. Zur Kontrole diente ein Procenthygrometer nach *C. Koppe* aus der Werkstatt von Hottinger und Comp. in Zürich. Neben den in Versuchsreihe I beschriebenen Bodenarten wurde Kaolin, fein geschlämmte Porcellanerde aus der Porcellanfabrik in Nymphenburg bei München verwendet.

Die Gefäße, welche mit den Erdarten beschickt wurden, besaßen eine Höhe von 6 cm und einen Durchmesser von 4 cm. Die in 24 Stunden von den Böden kondensirten resp. abgegebenen Wassermengen stellten sich wie folgt:

Versuch I.

Oldenburger Torf.

Nr. des Gefäßes	Temperatur °C.	Feuchtigkeitsgehalt der Luft %	Hygroskopisches Wasser: Zunahme mgr	Hygroskopisches Wasser: Abnahme mgr
I	18,5	40	—	212,4
II	»	60	—	59,8
III	»	80	43,0	—
IV	»	100	219,4	—

Versuch II.

Quarzsand I.

Nr. des Gefäßes	Temperatur °C.	Feuchtigkeitsgehalt der Luft %	Hygroskopisches Wasser: Zunahme mgr	Hygroskopisches Wasser: Abnahme mgr
I	15,4	40	—	3,2
II	»	60	—	0,2
III	»	80	5,0	—
IV	»	100	32,1	—

Versuch III.

Kaolin.

I	20,0	40	—	150,0
II	»	60	—	6,5
III	»	80	207,3	—
IV	»	100	258,4	—

Versuch IV.

Lehmpulver.

I	18,0	40	—	221,4
II	»	60	—	47,2
III	»	80	73,5	—
IV	»	100	328,5	—

Versuch V.

Lehmkrümel II.

I	18,0	40	—	167,0
II	»	60	—	82,0
III	»	80	49,6	—
IV	»	100	809,6	—

Versuch VI.

Lehmkrümel III.

I	18,9	40	—	220,4
II	»	60	—	44,2
III	»	80	95,4	—
IV	»	100	425,4	—

Digitized by Google

Versuch VII.

Lehmkrümel IV.

Nr. des Gefäßes	Temperatur	Feuchtigkeitsgehalt der Luft	Hygroskopisches Wasser	
			Zunahme	Abnahme
	°C	%	mgr	mgr
I	22,5	40	—	171,0
II	»	60	—	53,9
III	»	80	219,0	—
IV	»	100	373,8	—

Wie man sieht, zeigen sämmtliche Versuche, daß bei einem relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 60 und 40% eine Abnahme, bei einem solchen von 80 und 100% eine Zunahme der hygroskopischen Feuchtigkeit stattgefunden hatte, entsprechend der Verminderung resp. Vermehrung der in der Luft enthaltenen Wassermengen.

Vom Standpunkt des hygroskopischen Gleichgewichts bietet die Erklärung der Ursachen dieser Erscheinungen keine Schwierigkeiten. Die der Zimmerluft in den Aufbewahrungsgefäßen ausgesetzten Versuchsböden waren hygroskopisch bei einem Feuchtigkeitsgehalt der Luft von ca. 70% gesättigt und mußten deshalb bei einem niedrigen Gehalt der Luft an Wasserdampf Einbuße, bei höherem eine Vermehrung der kondensirten Wassermengen erfahren.

In Rücksicht auf praktische Verhältnisse sind die Ergebnisse dieser Beobachtungen insofern lehrreich, als sie zeigen, daß die Ackerböden zur Zeit der Trockenheit, während welcher eine Wasserzufuhr von wesentlichem Belang wäre, von dem aus vorhergehenden Perioden aufgenommenen hygroskopischen Wasser ziemlich beträchtliche Mengen verlieren und zwar um so mehr, je trockener die Luft wird. Berücksichtigt man außerdem, daß nach den Versuchen von *A. Mayer*, *R. Heinrich* u. s. w. die Pflanzen, wenn sie nicht etwa mittelst ihrer Tiefwurzeln Wasser aus den unteren Erdschichten entnehmen, bei starker Austrocknung der Ackerkrume schon vor dem Zeitpunkt, wo der Boden auf dem Kondensationspunkt angekommen ist, zu welken beginnen, so muß man auch von diesen Gesichts-

Digitized by Google

punkten aus zu der Anschauung gelangen, daß das Kondensationsvermögen der Ackererde für Wasserdampf in Bezug auf die Pflanzenernährung ohne Belang ist.

Versuchsreihe III.

Einfluß des feuchten Untergrundes auf das Kondensationsvermögen der oberen Bodenschichten für Wasserdampf.

In Rücksicht auf die vielfach ausgesprochene Meinung, daß die hygroskopische Feuchtigkeit in den oberen ausgetrockneten Erdschichten durch den aus dem feuchten Untergrunde aufsteigenden Wasserdampf vermehrt werde, führte ich folgendes Experiment aus.

Ein ca. 12 cm hoher Blechcylinder von 4 cm Durchmesser wurde bis zu einer Höhe von 5,5 cm mit feuchten Lehmkrümeln beschickt, worauf in den übrigen Raum ein sich an die inneren Wandungen des Gefäßes eng anschließender, 6 cm hoher, am Boden durch ein feines Drahtnetz verschlossener, mit lufttrockenen Lehmkrümeln (II) gefüllter zweiter Cylinder derart eingeschoben wurde, daß sich zwischen der Oberfläche der feuchten Erdschicht und dem Boden des Einsatzgefäßes ein Zwischenraum von ca. 0,5 cm befand. Diese Vorrichtung hatte den Zweck, das kapillare Aufsteigen des Wassers zu verhindern, dagegen das Aufsteigen von Wasserdämpfen aus der Tiefe in die oberen trockenen Schichten zu ermöglichen. Außerdem wurde ein Vergleichscylinder von 6 cm Höhe und 4 cm Durchmesser einfach mit lufttrockenen Lehmkrümeln von derselben Korngröße gefüllt. Die Gefäße wurden in die in Versuchsreihe II näher beschriebenen Holzkisten versetzt und in jedem Versuch 24 Stunden darin belassen. Die Wägungen lieferten folgendes Resultat:

Nr. des Versuchs	Temperatur °C	Luftfeuchtigkeit %	Feuchter Untergrund		Trockener Untergrund	
			Hygroskopisches Wasser			
			Zunahme mgr	Abnahme mgr	Zunahme mgr	Abnahme mgr
I	19,0	40	—	185,6	—	208,5
II	20,0	60	—	97,5	—	120,1
III	20,5	80	138,2	—	138,2	—
IV	16,0	100	359,1	—	339,0	—

Sonach wurde bei feuchter im Vergleich zu trockener Beschaffenheit des Untergrundes die Abnahme der hygroskopischen Bodenfeuchtigkeit

Digitized by Google

vermindert, die Zunahme derselben vermehrt, indessen war der hierdurch bedingte Gewinn, wie die Zahlen zeigen, kein bedeutender.

Versuchsreihe IV.

Einfluß der Temperatur auf das Kondensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf.

In dieser Versuchsreihe wurde in Rücksicht auf die natürlichen Verhältnisse das Kondensationsvermögen der Böden im lufttrockenen Zustande

1. bei verschiedenen konstanten Temperaturen und bei dem diesen entsprechenden Sättigungsgrade der Luftfeuchtigkeit,
2. bei verschiedenen konstanten Temperaturen und bei konstantem Feuchtigkeitsgehalt der Luft,
3. bei wechselnder (sinkender) Temperatur und bei der hierdurch bedingten Aenderung in der Luftfeuchtigkeit

festzustellen versucht. Die Versuchsanordnung war folgende.

ad 1. Auf ein eisernes Gestell wurden drei Blechcylinder von 30 cm Höhe und 25 cm Durchmesser und in jeden derselben ein kleinerer Cylinder von 25 cm Höhe und 15 cm Durchmesser gestellt. Letztere ruhten auf einem Blechkranz von 5 cm Höhe und waren oben durch einen Deckel geschlossen, in dessen Mitte ein mit der Kugel in das Innere der Gefäße ragendes, mittelst eines Korkes befestigtes Thermometer angebracht war. Der Raum zwischen beiden Cylindern wurde mit Wasser angefüllt, dessen Temperatur durch eine mit Hilfe eines *Soxhlet*'schen Thermostaten regulirte Flamme auf konstanter Temperatur erhalten wurde. Auf den Boden der kleinen Cylinder wurde eine aus mehreren feuchten Fließblättern bestehende Schicht gelegt und auf diese eine Etagère gestellt, welche während der Versuche die Absorptionsgefäße aufzunehmen hatte. Letztere bestanden wie in fast allen übrigen Versuchen aus Glasgefäßen von 6 cm Höhe und genau 4 cm Durchmesser.

In den Beobachtungen bei einer Temperatur von 10 °C. wurde die Versuchsanordnung in der Weise geändert, daß man einfach in dem Raum zwischen dem äußeren und inneren Cylinder Wasser aus der Wasserleitung cirkuliren ließ. Dasselbe besaß eine Temperatur von 10 — 12 °C. und wurde wenn nöthig, durch eingelegte Eisstückchen auf 10 °C. konstant erhalten.

ad. 2. In der an zweiter Stelle angeführten Reihe von Versuchen war die Versuchsanordnung dieselbe wie in der vorigen, nur mit dem

Digitized by Google

Unterschiede, daß das feuchte Fließpapier aus dem inneren Blechcylinder entfernt und durch diesen ein Strom von Luft, welche vorher in einem besonderen Apparat bei 0°C. mit Wasserdampf gesättigt worden war, langsam mittelst eines Aspirators geführt wurde. Letztere Vorrichtung war wie folgt beschaffen.

In einem größeren, von schlechten Wärmeleitern umgebenen, mit Eis gefüllten Blechcylinder befand sich ein System von U-förmigen, mit einander kommunicirenden Röhren, welche feuchten Asbest enthielten. Dieselben waren durch einen Kautschukschlauch mit einer Glasröhre verbunden, welche durch den Deckel der inneren, zur Aufnahme der Absorptionsgefäße bestimmten Blechcylinder luftdicht hindurchführte und in geringer Höhe über dem Boden der letzteren ausmündete. Außerdem war an dem durch Kitt luftdicht aufgesetzten Deckel der inneren Blechcylinder eine zweite Glasröhre angebracht, welche mit einem Aspirator in Verbindung stand.

Beim Oeffnen des Aspirators trat die Luft von außen in das System U-förmiger Röhren, sättigte sich in denselben bei 0°C. mit Feuchtigkeit und gelangte dann in die Cylinder, in welchen die mit Erde gefüllten Absorptionsgefäße standen, weiterhin in den Aspirator.

ad 3. In den Versuchen bei sinkender Temperatur war die Versuchsanordnung dieselbe wie unter 1 angegeben. Die Böden wurden in dem inneren Blechcylinder einer Temperatur von 30° resp. 20°C. und einer bei diesen Temperaturen gesättigten Luft 12 Stunden lang ausgesetzt, worauf eine Abkühlung des Erwärmungswassers auf 20° resp. 10°C. erfolgte, welche in den nächsten 12 Stunden andauerte.

Die in folgenden Tabellen angegebenen Mengen des hygroskopisch aufgenommenen Wassers beziehen sich wiederum auf eine Versuchsdauer von 24 Stunden.

1. Luft bei den betreffenden Temperaturen gesättigt.

Bodenart	Versuch	Temperatur	Kondensirte Wassermenge absolut		Höhe
				Mittel	
		°C	mgr	mgr	mm
Oldenburger Torf	a	10	191,6	191,0	0,152
	b	10	190,5		

Digitized by Google

Bodenart	Versuch	Temperatur °C.	Kondensirte Wassermenge absolut mgr	Kondensirte Wassermenge absolut Mittel mgr	Höhe mm
Oldenburger Torf	a	20	269,5	256,0	0,203
	b	»	242,6		
	a	30	523,1	530,8	0,421
	b	»	538,6		
Lehmpulver	a	10	218,6	214,5	0,170
	b	»	210,5		
	a	20	274,4	272,2	0,216
	b	»	270,0		
	a	30	533,1	523,3	0,415
	b	»	513,5		
Kaolin	a	10	123,5	116,1	0,092
	b	»	108,8		
	a	20	206,3	194,6	0,154
	b	»	183,0		
	a	30	318,7	309,4	0,246
	b	»	300,1		
Quarzsand I.	a	10	32,3	31,9	0,025
	b	»	31,5		
	a	20	61,1	52,9	0,042
	b	»	44,8		
	a	30	48,0	39,2	0,032
	b	»	30,4		

2. Luft bei 0°C. gesättigt.

Bodenart	Versuch	Temperatur °C	Kondensirte Wassermenge Zunahme+ Abnahme— mgr	Kondensirte Wassermenge Mittel mgr
Oldenburger Torf	a	10	+17,7	+18,2
	b	»	+18,6	
	a	20	+ 0,2	+ 1,2
	b	»	+ 2,6	
	a	30	−24,6	−27,2
	b	»	−29,8	

Digitized by Google

Bodenart	Versuch	Temperatur °C.	Kondensirte Wassermenge: Zunahme + Abnahme — mgr	Mittel mgr
Lehmpulver	a	10	+39,1	+36,0
	b	»	+33,5	
	a	20	+29,6	+21,5
	b	»	+12,5	
	a	30	— 8,9	— 8,9
	b	»	— 9,0	
Kaolin	a	10	+25,5	+26,7
	b	»	+27,9	
	a	20	— 8,0	— 5,4
	b	»	— 2,9	
	a	30	—50,2	—50,0
	b	»	—49,9	
Quarzsand I.	a	10	+ 7,6	+6,1
	b	»	+ 4,6	
	a	20	— 3,1	—1,7
	b	»	— 0,4	
	a	30	— 9,7	—9,8
	b	»	—10,0	

3. Luft gesättigt. Temperatur sinkend.

Bodenart	Versuch	Temperatur °C	Kondensirte Wassermenge mgr	Mittel mgr
Oldenburger Torf	a	20—10	239,1	250,1
	b	»	261,2	
	a	30—20	329,6	349,5
	b	»	369,4	
Lehmpulver	a	20—10	269,5	269,0
	b	»	268,5	
	a	30—20	381,1	376,0
	b	»	371,0	

Digitized by Google

Bodenart	Versuch	Temperatur °C.	Kondensirte Wassermenge mgr	Mittel mgr
Kaolin	a	20—10	199,7	193,1
	b	»	186,5	
	a	30—20	265,6	260,8
	b	»	256,0	
Quarzsand I.	a	20—10	77,3	68,2
	b	»	59,2	
	a	30—20	70,5	74,5
	b	»	78,6	

Zur Illustration des Einflusses sinkender Temperatur dürfte es zweckmäßig sein, vorstehende Zahlen in Vergleich zu bringen mit jenen, welche bei Anwendung konstanter Temperaturen (sub 1) gewonnen wurden. Es ergiebt sich dann folgende Uebersicht.

			Kondensirte Wassermengen (mg) 30°	20°	10°
Oldenburger Torf	konstante	Temperatur	530,8	256,6	191,0
	sinkende	»	349,5	250,1	
Lehmpulver	konstante	»	523,3	272,2	214,5
	sinkende	»	376,0	269,0	
Kaolin	konstante	»	309,4	194,6	116,1
	sinkende	»	260,8	193,1	
Quarzsand I.	konstante	»	39,2	52,9	31,9
	sinkende	»	74,5	68,2	

Vorstehende Zahlen vermitteln zunächst die Thatsache, daß innerhalb der hier gewählten Grenzen das Kondensationsvermögen der Böden für Wasserdampf mit der Temperatur steigt, wenn die Luft bei den betreffenden Temperaturen gesättigt ist, daß dasselbe dagegen bei nur theilweiser (und konstanter) Sättigung der Atmosphäre mit zunehmender Erwärmung sich vermindert.

Diese Ergebnisse stehen in voller Uebereinstimmung mit den von *E. W. Hilgard*[1]) und *G. Ammon*[2]) gewonnenen und weisen dadurch

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 99.
[2]) Ebenda. Bd. II. 1879. S. 30.

Digitized by Google

die Unrichtigkeit des von *Schlösing*[1]) aufgestellten Satzes, daß «zwischen 9 und 35°C. bei einem und demselben Feuchtigkeitsgehalte der Luft die Erde fast eine gleiche Feuchtigkeit annimmt, unabhängig von Temperaturschwankungen», nach.

Die Thatsache, daß die Kondensation in gesättigter Luft mit steigender Temperatur zunimmt, erklärt sich durch den Umstand, daß hiermit gleichzeitig die von der Luft aufgenommene Wassermenge in beträchtlichem Grade erhöht wird, wie dies aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

Temperatur	Wasserdampf in 1 cbm Luft	Differenz
0°C.	5,4 gr	4,3
10 »	9,7 »	7,6
20 »	17,3 »	12,1
30 »	29,4 »	19,8.
40 »	49,2 »	

Wie man sieht, ist das Ansteigen der Luftfeuchtigkeit demjenigen der Temperatur nicht proportional, sondern erfolgt in stärkerem Grade als letzteres, d. h. während die Temperatur in arithmetischer Progression zunimmt, steigt die Luftfeuchtigkeit in geometrischer Progression. Nur hierdurch wird es verständlich, warum die durch den Boden kondensirten Wassermengen bei voller Sättigung mit der Temperatur zunehmen, denn aus der Thatsache, daß bei nicht gesättigter Atmosphäre das Umgekehrte stattfindet, d. h. daß unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Temperaturerhöhung das Kondensationsvermögen des Bodens abnimmt, wird geschlossen werden dürfen, daß in dem vorliegenden Fall das bedeutende Ansteigen der Luftfeuchtigkeit bei Erhöhung der Temperatur allein die Ursache der damit Hand in Hand gehenden Zunahme des Kondensationsvermögens des Bodens gewesen sei.

Die sub 3 aufgeführten Versuche ergeben, daß die bei sinkender Temperatur kondensirten Wassermengen, im Vergleich zu den bei konstanter Einwirkung der Grenztemperaturen beobachteten, eine mittlere Höhe erreichten.

Die Ursache dieser Erscheinung beruht wahrscheinlich darauf, daß der hygroskopische Gleichgewichtszustand zur Zeit der Temperatur-

[1]) Ebenda. Bd. VII. 1884. S. 324.

Digitized by Google

erniedrigung noch nicht vollständig hergestellt worden war, so daß der Boden von der bei höherer Temperatur herrschenden größeren Luftfeuchtigkeit nur theisweise einen Nutzen ziehen konnte. Sonst hätte das Versuchsmaterial bei sinkender Temperatur mehr Feuchtigkeit als bei den bezüglichen konstanten Temperaturen aufnehmen müssen, weil anzunehmen ist, daß aus der gesättigten wärmeren Luft bei deren Abkühlung ein Theil des Wassers ausgeschieden wird.

Natürlich lassen diese Versuchsresultate sich nicht ohne Weiteres auf die Vorgänge in der Ackererde übertragen, weil die Luft niemals oder doch nur in kürzeren Zeitabschnitten mit Wasserdampf gesättigt ist. Gewöhnlich nimmt die relative Luftfeuchtigkeit bei der Abkühlung zu, bei der Erwärmung dagegen ab. In welcher Weise hierdurch die Hygroskopicität der Ackererde beeinflußt wird, weist folgender, im Freien angestellter Versuch nach.

Versuchsreihe V.

Das Kondensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf unter natürlichen Verhältnissen.

Diese Versuche wurden im Freien im Hofe des landwirthschaftlichen Institutes an einer Stelle ausgeführt, welche allen atmosphärischen Einwirkungen zugänglich war. Die Absorptionsgefäße wurden in entsprechende Ausschnitte des Deckels einer bis zum oberen Rande in die Erde gegrabenen Holzkiste versenkt, so daß die Oberfläche des Versuchsmaterials mit derjenigen des Kistendeckels eine Ebene bildete. Diese Vorrichtung hatte den Zweck, die seitliche Erwärmung der Apparate hintanzuhalten. Unmittelbar neben der beschriebenen Vorrichtung waren zwei Thermometer zur Bestimmung der Luft- resp. Bodentemperatur[1]) in entsprechender Anordnung angebracht. Die Versuchsgefäße wurden alle zwei Stunden herausgenommen und gewogen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt. Die Zahlen geben die von einer Beobachtung zur anderen aufgenommene, resp. abgegebene Wassermenge an.

---

[1]) In 10 cm Tiefe gemesssen.

Digitized by Google

Zeit (5.—6. Juni) 1885	Barometer	Temperatur des Bodens	Temperatur der Luft	Luftfeuchtigkeit	Torf[1] Hygroskopisches Wasser Zunahme	Torf[1] Hygroskopisches Wasser Abnahme	Lehmpulver Hygroskopisches Wasser Zunahme	Lehmpulver Hygroskopisches Wasser Abnahme	Lehmkrümel III Hygroskopisches Wasser Zunahme	Lehmkrümel III Hygroskopisches Wasser Abnahme	Quarzsand I Hygroskopisches Wasser Zunahme	Quarzsand I Hygroskopisches Wasser Abnahme	Quarzsand II Hygroskopisches Wasser Zunahme	Quarzsand II Hygroskopisches Wasser Abnahme
	mm	°C.	°C.	%	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr	mgr
h														
6– 8 a. m.	722	19,8	18,4	72	38,5	—	50,0	—	55,5	—	8,3	—	5,1	—
8–10 »	722	18,0	15,0	88	36,0	—	37,7	—	23,3	—	6,4	—	7,6	—
10–12 »	722	14,8	12,0	90	41,5	—	44,8	—	41,3	—	1,0	—	2,3	—
12– 2 »	722	14,8	12,0	92	12,0	—	1,5	—	—	11,3	1,0	—	—	—
2– 4 »	723	14,4	12,2	96	20,0	—	17,5	—	15,7	—	1,2	—	0,4	—
4– 6 »	723	14,2	15,0	81	16,0	—	16,0	—	7,0	—	2,8	—	0,1	—
6– 8 »	723	15,2	22,4	50	—	4,8	9,5	—	3,5	—	3,0	—	3,5	—
8–10 »	724	18,2	24,2	46	—	137,4	—	115,0	—	113,4	—	15,8	—	16,5
10–12 »	724	23,4	25,4	40	—	135,6	—	134,0	—	112,6	—	13,8	—	7,9
12– 2 p.m.	723	27,6	32,0	29	—	10,7	—	169,5	—	203,1	—	21,2	—	11,6
2– 4 »	722	28,0	32,0	25	—	309,5	—	51,0	—	70,4	—	7,7	—	5,5
4– 6 »	724	25,8	25,0	46	16,6	—	25,1	—	36,4	—	7,5	—	9,9	—
6– 8 »	724	22,4	20,0	60	66,8	—	67,5	—	67,6	—	8,0	—	8,1	—
h														
6 a. m. — 6 p. m.	—	—	—	—	**180,6**	**598,0**	**202,1**	**469,5**	**182,7**	**510,8**	**31,2**	**58,5**	**28,9**	**41,5**

Diese Zahlen lehren, daß der Boden während der Nacht Wasserdampf kondensirte, am Tage aber bei steigender Temperatur und Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit an dem hygroskopisch aufgenommenen Wasser einen Verlust erlitt, der beträchtlich größer war als der nächtliche Gewinn.

Das Verhältniß zwischen der Aufnahme zur Nachtzeit und der Abgabe während des Tages wird natürlich verschieden sein[2]), je nach dem jeweiligen Zustande der Atmosphäre und der Länge der betreffenden Tageszeiten. In der Mehrzahl der günstigsten Fälle dürfte jedoch im Hinblick auf die hier hervorgetretenen Differenzen nur ein Ausgleich zwischen Einnahme und Ausgabe sich bemerkbar machen. Abgesehen von derartigen Details muß dem vorliegenden Versuchsergebniß für Beurtheilung der Vorgänge in der Natur insofern ein besonderes Interesse beigemessen werden, als aus demselben hervorgeht, daß zu Trocken-

[1]) Oldenburger Torf.

[2]) Von meinem Vorhaben, diese Versuche in größerer Zahl auszuführen, mußte ich leider Abstand nehmen, weil bis zu meiner Abreise von München die Witterungsverhältnisse für Anstellung solcher Beobachtungen nicht günstig waren.

Digitized by Google

zeiten[1]), in welchen die Zufuhr von Wasser zum Boden für die Vegetation besonders erwünscht wäre, die Abgabe von hygroskopischem Wasser während des Tages die Aufnahme der Feuchtigkeit zur Nachtzeit bedeutend überwiegt und daß aus diesem Grunde, abgesehen von allem Anderen, der Verdichtung des Wasserdampfes durch den Boden in Bezug auf Wasserversorgung der Pflanze keine Bedeutung zugeschrieben werden kann.

Versuchsreihe VI.

Einfluß des Luftdrucks auf das Kondensationsvermögen des Bodens für Wasserdampf.

Zum Schluß theile ich zur Vervollständigung noch die Resultate einiger Versuche über den Einfluß des Luftdruckes auf die hygroskopische Bodenfeuchtigkeit mit. Diese Versuche wurden unter dem Recipienten einer Luftpumpe angestellt, in welchem die Luft in der in obigen Versuchsreihen beschriebenen Weise mit Wasserdampf gesättigt und die Absorptionsgefäße aufgestellt wurden. Die den Recipienten bildende Glasglocke war oben mit einem Tubus versehen, welcher durch einen Kautschukpfropfen dicht verschlossen war. Durch letzteren führte eine doppelt rechtwinklig gebogene Glasröhre, deren kurzer Schenkel in das Innere der Glocke mündete, während der äußere lange, mit einer Skala versehene Schenkel mit seinem unteren Ende in ein mit Wasser gefülltes, auf dem Zimmerboden neben der Luftpumpe aufgestelltes Gefäß tauchte. Von dem zur Zeit des Beginnes der Versuche herrschenden Druck von 718 mm ausgehend, verminderte ich denselben in dem Recipienten durch Auspumpen der Luft weiterhin auf 708, resp. 698 und 688 mm, indem ich hierbei die erforderlichen Regulirungen nach Maßgabe des Wasserstandes in dem langen Schenkel der aufgesetzten Glasröhre vornahm.

Die in 24 Stunden von den Böden bei vollständiger Sättigung der Luft aufgenommenen Wassermengen stellten sich wie folgt heraus:

---

[1]) Die Witterungsverhältnisse in dem angeführten Versuch entsprechen denjenigen in Trockenperioden vollkommen, weshalb die gewonnenen Ergebnisse zur Beurtheilung der Vorgänge während solcher Zeiten mit Recht herangezogen werden dürfen.

Digitized by Google

Bodenart	Temperatur °C.	Luftdruck mm	Kondensirte Wassermengen a mgr	b mgr	Mittel mgr
Oldenburger Torf	20,25	718	329,2	301,2	**315,2**
	19,90	708	362,8	307,7	**335,2**
	21,10	698	311,0	384,5	**347,7**
	22,00	688	297,0	305,5	**301.2**
Lehmpulver	20,25	718	320,0	317,0	**318,5**
	19,90	708	364,3	317,0	**340,6**
	21,10	698	332,0	311,5	**321,7**
	22,00	688	333,0	313,4	**323,2**
Kaolin	20,25	718	259,9	252,6	**256,2**
	19,90	708.	252,7	204,6	**228,6**
	21,10	698	283,0	137,7	**210,3**
	22,00	688	237,9	235,0	**236,4**
Quarzsand I.	20,25	718	82,0	65,0	**73,5**
	19,90	708	58,0	65,5	**61,7**
	21,10	698	85,6	66,5	**76,0**
	22,00	688	57,9	67,2	**62,5**

Von einigen unbedeutenden Schwankungen abgesehen, läßt sich aus diesen Daten ersehen, daß der Luftdruck auf das Kondensationsvermögen der Böden bei gesättigter Atmosphäre keinen Einfluß ausübt. Diese Verhältnisse werden sich bei nicht gesättigter Luft anders gestalten, insofern schon nach den bei dem Trocknen hygroskopischer Substanzen im luftverdünnten Raum gewonnenen Erfahrungen anzunehmen ist, daß die Hygroskopicität des Bodens unter letzteren Verhältnissen um so mehr abnehmen wird, je geringer der Luftdruck der Atmosphäre ist. Das in vorliegenden Versuchen gewonnene Ergebniß wird nur dadurch erklärt werden können, daß infolge der Abnahme des Luftdrucks die Verdunstung aus dem feuchten Fließpapier unter dem Recipienten, demgemäß die Luftfeuchtigkeit innerhalb des letzteren zunahm und dadurch die Wirkung der Luftverdünnung auf die Hygroskopicität wieder aufgehoben wurde.

Als Endresultat ergiebt sich aus dem Mitgetheilten, daß die durch das Kondensationsvermögen Seitens der Böden bewirkte Was-

Digitized by Google

serzufuhr für die Vegetation ohne Bedeutung ist, weil 1. dieselbe im Vergleich zu dem Wasserbedürfniß der Pflanzen, resp. zu den atmosphärischen Niederschlägen verschwindend klein ist, und sich nur auf die obersten zu Tage tretenden Bodenschichten (3—5 cm) erstreckt, 2. der Boden selten und nur vorübergehend in einen solchen Zustand geräth, daß er für die Kondensation von Wasserdampf geeigenschaftet wäre, 3. gerade in Trockenperioden, in welchen eine derartige Anfeuchtung des Bodens wenn überhaupt einen Nutzen gewähren könnte, das Verdichtungsvermögen des Erdreichs infolge des niedrigen Feuchtigkeitsgehaltes der Atmosphäre und der herrschenden hohen Temperatur bedeutend vermindert ist und von dem in der vorhergehenden Periode kondensirten Wasser unter letzteren Verhältnissen sogar beträchtliche Mengen verloren gehen.

Digitized by Google

Neue Litteratur.

A. Woeikof. **Die Schneedecke, deren Einfluß auf Klima und Wetter und die Mittel zu ihrer Untersuchung.** Meteor. Zeitschrift. 1886. S. 469.

Der mächtige Einfluß des Vorhandenseins einer Schneedecke auf die Temperatur der untersten Luftschicht hat sich in neuerer Zeit an einer Reihe von Beispielen gezeigt, von denen der Verf. einige herausgreift. Im December 1877 blieb der östliche Theil des europäischen Rußlands ganz oder fast schneefrei, während in der Mitte des Monats ziemlich tiefer Schnee etwa bis zum Meridian von Tambof fiel. Trotz der anhaltenden Herrschaft einer Anticyklone mit ruhigem, zum Theil heiterem Wetter und Barometerständen bis zu 796 mm im M.-Niv., zeigte jener östliche Theil eine Mitteltemperatur des Monats, die in Kasan nur 1,2° unter, in Nischnei-Nowgorod sogar 0,8° über dem vieljährigen Mittel lag, während sie in Moskau und Rjäsan 3,4° und 4° tiefer als normal war. Namentlich die tiefsten Stände des Monats gingen dort nur bis 18—21°, hier bis 23 bis 27° unter Null herab. Zugleich herrschte in Westsibirien sehr strenge Kälte. Noch auffallender war bekanntlich der Gegensatz, der zwischen den Temperaturen der gleichen Gegenden Centraleuropas in den Hochdruckgebieten der Winter 1879/80 und 1881/82 hervortrat, deren ersterer eine dicke, deren letzterer eine sehr unvollkommene Schneedecke zeigte. Der Verf. schreibt diese Unterschiede direkt der starken Ausstrahlung und schlechten Wärmeleitung zu, welche eine Schneedecke besitzt, besonders so lange sie dick, locker und gleichförmig ist.

Weiter untersucht der Verf. die Wirkung der Schneedecke auf die Frühlingstemperatur und die Art ihres Aufthauens. Ist die Schneedecke nicht durch vorhergehendes Thauen und Wiedergefrieren zu Eis verwandelt, so ist die direkte Wirkung der Sonnenstrahlen gering, da sie dieselben reflektirt und die Luft über ihr verhältnißmäßig frei von Wasserdampf, Kohlensäure und Staub ist. Das Thauwetter wird daher, wie die Erfahrung lehrt, durch warme Luftströmungen aus schneefreien Gegenden herbeigeführt, am wirksamsten, wenn diese mit Regen verbunden sind. So lange noch Schnee liegt, ist eine Erwärmung ruhender Luft über 0° sehr erschwert durch den Verbrauch der Wärme zum Schmelzen.

Das Umgekehrte findet statt beim Eintritt der Fröste. So lange kein Schnee am Ort und in der Nachbarschaft liegt, sind die sich einstellenden Fröste von keiner Dauer, erst wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist, erhalten sie Beständigkeit. Wegen der Bewegung der Luft ist aber dafür natürlich nicht der Zustand am Orte selbst entscheidend. Der Verf. meint, daß es von großer praktischer Bedeutung für Centralrußland wäre, besonders wegen des Gefrierens der Wasserstraßen, im Herbst zu wissen, ob sich in Lappland einerseits und in Nordostrußland andererseits die Schlittenbahn eingestellt hat. Der positive Nachweis dafür ist leider durch den Mangel an Daten noch nicht möglich.

Der Verf. ist geneigt, auch die höheren Temperaturmaxima, durch welche sich bei gleichen Wintertemperaturen der Südosten Rußlands gegenüber dem Nordosten auszeichnet, auf Rechnung der mangelhaften Schneedecke des ersteren

Digitized by Google

zu setzen; bei den normalen klimatischen Werthen ist jedoch die Trennung der einzelnen Faktoren noch schwieriger als bei den Witterungsanomalien, da bei letzteren die Zahl der Kombinationen eine viel größere und die Elimination einzelner Faktoren daher leichter ist. Beweisender und von großem Interesse sind daher seine Bemerkungen über den Einfluß des Schneereichthums des Winters auf die Temperatur der Frühlingsmonate. Der außerordentlich warme April 1848 folgte auf einen zwar kalten, aber äußerst schneearmen Winter, der extrem kalte Mai 1867 auf einen größtentheils wärmeren, aber sehr schneereichen Winter; die von der Wolga im Frühjahr abgeführte Wassermenge war so groß, daß die Oberfläche des kaspischen Meeres um 2 Fuß stieg. Diese Wirkung der Schneemenge macht sich indessen im Nordwesten Rußlands weniger bemerkbar als im Innern des Reichs, weil dort die Wirkung der Eismengen auf den Meeren und zahlreichen Seen fast noch mehr in Frage kommt.

Sehr wichtig sind die Bemerkungen des Verf. über die Wirkung der Schneedecke auf die Vertheilung der Schmelzwässer nach Zeit und Raum. Bei starker und gleichmäßiger Schneedecke und langsamer Erwärmung findet das Thauen derselben mehr von unten als von oben statt, der Boden sättigt sich mit Wasser und erst durch das von den russischen Bauern sogen. «Erdwasser» steigen die Flüsse allmählich und nachhaltig; so war es 1883 und 1884, wo die Wolga den ganzen Sommer über einen guten Wasserstand für die Schifffahrt behielt; umgekehrt war es 1880 und 1882, obwohl das Hochwasser 1880 hoch war, jedoch kurz. Das Hinderniß, welches ein tief gefrorener Boden der Wasseraufnahme bietet und das dadurch bedingte rasche Ablaufen der Schmelzwässer hat sogar in einer Bauernregel Ausdruck gefunden, wonach auf wenig Schnee hohes Hochwasser folgt — natürlich nur für kurze Zeit. Auf das langsame Ablaufen ist nicht allein die Dicke sondern auch die Gleichförmigkeit der Schneedecke von Einfluß, und diese hängt besonders von den Hindernissen für den Wind ab; Waldflüsse haben ein späteres Hochwasser als Feldflüsse, solche, die theils durch Wald und theils durch Felder fließen, wie die Moskowa, zwei partielle Hochwasser, die 10—15 oder mehr Tage auseinander liegen.

Nach allem diesem wird man dem Verf. zustimmen, wenn er die große theoretische und auch praktische Bedeutung betont, welche Beobachtungen über die Schneedecke überhaupt, und besonders in Rußland, besitzen würden, und sein Bedauern ausspricht, daß, obgleich seit 15 Jahren wiederholt die Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden ist, noch so gut wie nichts für eine systematische Sammlung und Verwerthung solcher Beobachtungen geschieht. Das Anzustrebende wäre namentlich die Angabe der augenblicklichen Ausdehnung der Schneedecke auf täglichen synoptischen Karten, mit einigen Abstufungen nach ihrer Dicke und Gleichförmigkeit. Das eigentliche Terrain für solche Studien ist Rußland und Nordamerika; allein auch aus der Westhälfte Europas lassen sich mindestens werthvolle Ergänzungen zu dem Bilde liefern, dessen Hauptzüge wir von jenen Ländern zu erwarten haben.

K. F. Jordan. **Zur Frage nach dem Ursprung der atmosphärischen Elektricität.** Meteor. Zeitschrift. Bd. II. 1885. S. 406.

Verf. veröffentlicht unter obigem Titel eine kritische Besprechung der neuesten Hypothesen über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität von *E. Gerland*,

Digitized by Google

L. Palmieri, *E. Hoppe*, *L. Sohnke*, *P. Andries* und *E. Holdinghausen*, indem er seine eigenen Ansichten (Gaea 1885) festhält und weiter begründet. Er führt Folgendes aus:

Zu einer klaren Anschauung über den Ursprung der atmosphärischen Elektricität gelangt man durch Beachtung sämmtlicher systematisch geordneter Thatsachen und durch hieraus gefolgerte Schlüsse, die zum Theil empirisch verbürgt, zum Theil hypothetischer Natur sein werden. Der Versuch im Kleinen scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein, weil das Experiment nicht ohne Weiteres dazu dienen kann, das Gefundene auf die großartigen Erscheinungen in der Natur zu übertragen, denn hier können die bedeutendsten Wirkungen aus im Einzelnen unmerklichen, aber im großen Umfange und langer Aufeinanderfolge sich abspielenden Vorgängen aufgebaut werden.

In allen Arbeiten der genannten Verfasser findet sich im Ganzen eine Hinneigung zu der Annahme, daß die Quelle der atmosphärischen Elektricität in Reibungsprocessen irgend welcher Art zu suchen sei.

Nach *Gerland* und *Palmieri* bleibt es unentschieden, ob die Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes oder die Reibung des letzteren an der Luft im Augenblick seiner Entstehung, oder die Reibung der durch Verdichtung gebildeten Wassertropfen beim Herabfallen durch die Luft als Elektricitätsquelle aufzufassen sei.

Dieser Standpunkt muß als ein einseitiger aufgefaßt werden, denn die Elektricität, welche wir an vulkanischer Asche oder an aufgewirbeltem Wüstenstaub beobachten, findet dadurch keine Erklärung und ebensowenig der Einfluß von Rauch und Staub auf den elektrischen Zustand der Atmosphäre. In der Kondensation des Wasserdampfes können wir um so weniger die Quelle der atmosphärischen Elektricität suchen, als für diese Annahme keinerlei bestätigende Versuche im Kleinen angestellt werden können, während das für die Hypothesen, die aus der Annahme von Reibung entwickelt sind, wenigstens im Allgemeinen der Fall ist.

Hoppe verficht die Ansicht *Winkler's*, daß die bei der Verdunstung des Wassers durch Reiben an den festen Partieen der Erdoberfläche entstehende Elektricität sehr wohl die Luftelektricität bilden könne. Die Wolkenelektricität läßt er durch Reibung entstehen, welche (bei den lokalen Gewittern) der aufsteigende Luftstrom an seiner Begrenzung erfährt, oder welche (bei den Depressions- oder Wirbelgewittern) vor sich geht, wenn ein warmer feuchter und ein kalter Luftstrom an einander hinstreichen.

Dagegen ist vor Allem einzuwenden, daß man für den Fall einer bestimmten Annahme über jene die Gewitterelektricität erzeugende Reibung nicht in die Nothlage versetzt wird, die Entstehung der Luftelektricität in einem andern von jenem scharf geschiedenen Reibungsvorgang zu machen. Ferner ist zu bedenken, in welch' beschränkten Grenzen der Reibungsvorgang der aufsteigenden Dämpfe gegen die feste Erdkruste eingeschlossen bleibt; kann er doch nur eintreten am Ufer der Gewässer und an Gebirgsrändern, oder wenn ein mit Wasserdämpfen reichlich versehener Wind über die Erdoberfläche hinzieht.

P. Andries betrachtet als Elektricitätsquelle die Reibung der in der Atmosphäre enthaltenen Wasserkügelchen an der feuchten Luft. Nach seiner Ansicht wäre

Digitized by Google

der Wasserdampf positiv, ein solches Wasserkügelchen negativ elektrisch; die meisten Wolken und wässrigen Niederschläge hätten — E aufzuweisen, was der Beobachtung widerspricht, denn es ist ein allgemein gültiger Satz, daß das Auftreten der + E an das atmosphärische Wasser geknüpft ist und sich um so stärker zeigt, je größer die Menge desselben wird.

Sohncke erblickt die Quelle der atmosphärischen Elektricität ebenfalls in einem Reibungsproceß; aber nach ihm soll es das flüssige atmosphärische Wasser sein, welches an dem in den höheren Luftgebieten befindlichen Eise diese Reibung vollführt. Auch diese Art der Reibung ist eine beschränktere als die fortwährend, überall und an jedem Wasserdampftheilchen gegen die Luft vor sich gehende. Sie erfolgt nur an den Seiten von Eis und Wasser führenden Luftströmen. Ferner müßte dann stets vor Eintritt eines Gewitters das Vorhandensein eines mächtigeren, mit Eistheilchen beladenen Luftstromes oder ebenso beschaffenen, mehr oder minder ruhenden Luftgebietes festzustellen sein. Außerdem spricht gegen fragliche Hypothese der Umstand, daß die Luftelektricität wie die Elektricität der Wolken bei weitem überwiegend positiv ist; nach den Versuchen *Sohncke*'s über die Art der Elektricität, welche bei der Reibung von Wasser und Eis sich bildet, wird aber das Eis + elektrisch, das Wasser — elektrisch. Daß trotzdem die Luft meist + elektrisch ist, sucht *Sohncke* allerdings zu erklären, muß aber hierbei Zuflucht zu anderen Annahmen nehmen.

Die eigene Ansicht des Verf. geht dahin, daß die Theilchen des atmosphärischen Wassers diejenigen Körper sind, welche auf ihrer mannigfaltigen Wanderung durch Reibung an den verschiedenen Stoffen Elektricität anhäufen, so daß es durchaus zugegeben werden kann, daß die Reibung an der festen Erdoberfläche zu der Erzeugung dieser Elektricität mit beiträgt, ja sogar, daß sie bei gewissen Vorgängen, welchen (wie den vulkanischen Gewittern) eine Ausnahmestellung zukommt, den hauptsächlichsten Antheil an der Erzeugung der dabei in Frage kommenden Elektricität hat. Aber im Allgemeinen und Großen ist es doch das atmosphärische Wasser, das mit der Luft in Reibung verwickelt, positiv elektrisch wird und die atmosphärische Luft negativ elektrisch macht. In diesen Reibungsvorgängen der Wassertheilchen gegen die Luft müssen wir die hauptsächlichste und allgemeinste Quelle der atmosphärischen Elektricität erblicken.

Die Zuverlässigkeit dieser Hypothese soll in einem Falle geprüft werden, der allerdings noch der genauesten Untersuchung bedarf. — Gewöhnlich überwiegt bei heiterem Himmel die positive atmosphärische Elektricität beträchtlich; in einzelnen Fällen wird aber auch — E beobachtet, und dann tritt sie bei klarem Wetter viel stärker auf als die gewöhnlich beobachtete + E. Nach *Palmieri* haftet diese — E nicht der Luft an, sondern ist Influenzelektricität, welche auftritt, wenn in einem engeren oder weiteren Umkreis ein starker Niederschlag vorgekommen ist.

Das Erzwungene und Unwahrscheinliche dieser Erklärung liegt offen zu Tage. Natürlicher ist es doch anzunehmen, daß die Luft selbst durch Reibung mit den aufsteigenden Wassertheilchen negativ elektrisch wird; als Isolator kann sie diese — E den Beobachtungsinstrumenten nicht mittheilen, während dies das atmosphärische Wasser wohl vermag. Daher wird sich die + E des letzteren sehr wohl bemerkbar machen, wenngleich abgeschwächt durch die — E der Luft,

Digitized by Google

da die Wassertheilchen mit derselben in Berührung sind und trotz aller weiteren Reibung von ihrer Elektricitätsmenge durch Ausgleich einbüßen. Wenn aber einmal eine Elektricitätsentwickelung durch die nach der Verdunstung aufsteigenden Wassertheilchen stattgefunden hat, und nun eine schnelle Verdichtung des Wasserdampfes und Weiterführung desselben durch einen höheren Luftstrom eintritt, dann wird die isolirt zurückgebliebene Luft mit —E geladen sein und dieselbe, sobald von Neuem ein wenig Wasserdampf in sie eindringt, den Apparaten sich mittheilen.

Im Sommer, wo die Wasserverdunstung und damit die Bewegung der Wassertheilchen durch die Luft eine gesteigerte ist, wird die Menge der —E größer sein als im Winter, und wird sich, ohne weitere beträchtliche Minderung durch die entgegengesetzte Elektricität zu erfahren, im Durchschnitt viel stärker bemerklich machen als die +E. Aber diese negative atmosphärische Elektricität wird seltener auftreten als die +E, entsprechend dem selteneren Zusammentreffen aller ihrer Existenzbedingungen, und diese sind: schnelle Verdichtung des Wasserdampfes, Fortführung der gebildeten Tropfen und Eindringen einer geringen Menge Wassers in das betreffende Luftgebiet. Ein solcher Zustand herrscht beispielsweise, wenn ein kälterer, verhältnißmäßig trockener Wind dieses Luftgebiet trifft.

J. Elster** und **H. Geitel. **Ueber den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken.** Annalen der Hydrographie. Jahrg. XIII. 1885. S. 125 u. 187. — Der Naturforscher. 1885. Nr. 25. S 233.

Die ungemeine Empfindlichkeit sich auflösender Flüssigkeitsstrahlen, wie überhaupt aller in einem Luftstrome suspendirter, fester und flüssiger Partikelchen gegen elektrische Influenz führte die Verff. dahin, Influenzwirkungen analoger Art auch bei den Vorgängen anzunehmen, welche sich innerhalb einer Gewitterwolke abspielen. Das Princip dieser Auffassung wird sich am besten aus nachstehendem, leicht ausführbaren Versuch ersehen lassen.

Ein beiderseits offenes, cylindrisches Metallrohr A ist an einem isolirenden Halter in vertikaler Richtung frei schwebend befestigt. In dasselbe kann von oben an einem isolirenden Handgriffe ein kleines, ebenfalls cylindrisches Metallgefäß B hineingeschoben werden, das unten verschlossen und mit einer engen Ausflußröhre versehen ist. Wird nun der Röhre A eine kleine elektrische Ladung +E mitgetheilt, während das mit Wasser gefüllte Gefäß B isolirt vertikal darüber gehalten wird, so werden die Wassertropfen negativ elektrisch, während sie durch die Röhre A fallen, ohne mit ihr in Berührung zu kommen. Dadurch wird B positiv, und zwar sehr schnell und zu einer Spannung, welche der von A nicht viel nachsteht. Senkt man nun B schnell in A und läßt B einen Augenblick die Innenwand von A berühren, so geht die Elektricität von B vollständig auf A über. Zieht man B in seine ursprüngliche Lage zurück, so kann man diese Operation so oft wiederholen, bis A die Maximalgrenze seiner Ladung erhalten hat. Nach 40maliger Oscillation des Gefäßes B konnte der Röhre A ein Funken entzogen werden.

Den Vorgang in einer Gewitterwolke kann man sich analog vorstellen. Man denke sich der unteren Schicht derselben an einer Stelle eine gewisse Ladung +E mitgetheilt. So lange die Wolke nicht regnet, wird diese Elektricität

Digitized by Google

nahezu an derselben Stelle verharren oder sich langsam mit abnehmender Spannung über die ganze Wolke verbreiten, je nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der Dunstmasse. Anderes dagegen tritt ein, sobald die Wolke zu regnen beginnt, wobei wohl mit Recht vorauszusetzen ist, daß die Tropfenbildung in den kalten, d. h. in den höheren Schichten eintreten muß. Soweit die Wolke regnet, wird sie positive Elektricität annehmen und zwar wenn die Regenbildung in nicht zu großer Höhe über der elektrischen Schicht beginnt, von nicht viel geringerer Spannung, als die der letzteren beträgt. Die negativ elektrisirten Tropfen fallen durch die untere influencirende Schicht auf die Erde herab.

Nun aber muß, wie schon öfters hervorgehoben worden ist, die mit der Regenbildung verbundene Oberflächenkontraktion eine Steigerung der Spannung hervorbringen. Indem die ganze vorher positiv influencirte Wolkenmasse sich zusammenballt, und die einzelnen Dunsttheilchen zu größeren Tröpfchen zusammenfließen, wird die Elektricität mit wachsender Spannung auf einen kleineren Raum beschränkt und muß auf die unterdessen neu entstandenen Wolkenmassen von Neuem, aber kräftiger influencirend wirken. Sobald auch in diesen die Regenbildung beginnt, wiederholt sich derselbe Vorgang; durch weiteres Zusammenballen der Wolken tritt eine neue Spannungserhöhung ein. Man kann sich sehr wohl vorstellen, daß auf diese Weise die elektrische Spannung einer regnenden Wolke bis zur Blitzentladung gesteigert werden kann.

In dem vorher beschriebenen Versuche soll das Gefäß A die untere, influencirende Wolkenschicht, B die oberen regnenden Theile derselben darstellen. Die Oberflächenkontraktion wird, wenn auch dem Vorgange in der Gewitterwolke wenig entsprechend, durch das Hineinführen des Gefäßes B in A wiedergegeben.

Die Frage, woher die ursprüngliche Eigenelektricität der unteren Wolkenschicht stammt, wird nicht so leicht zu entscheiden sein. Jedenfalls reicht schon eine sehr geringe Spannung hin, um bei hinreichend kräftigem Regenfall binnen kurzer Zeit bis zu dem größten Betrage gesteigert zu werden. Vielleicht ist es die gewöhnliche Luftelektricität, die, auf die Wolken übergehend, an irgend einer Stelle eine lokale, größere Ladung hervorbringt. Ohne von Regenfall unterstützt zu werden, würde aber die stärkste Ladung nicht von Dauer sein können. Die Kondensation des Wasserdampfes an sich als Elektricitätsquelle anzusehen, scheint mißlich, da man nicht recht einsieht, in welcher Weise die Scheidung der Elektricitäten bei diesem Vorgange eintreten kann. Auch Reibungsvorgänge können wohl nur zur Erklärung der Anfangsladung herangezogen werden; um so ungeheure Elektricitätsentwickelungen, wie sie hier in der Natur stattfinden, zu veranlassen, dürften sie doch nicht ausreichen. Uebrigens könnte man dabei wohl nur an eine Reibung feinen Wasserdunstes an größeren Tropfen- resp. Eiskörnern denken. Daß der Unterschied der kapillaren Oberflächenspannung dieser kleinsten und größten Wassertropfen bei der Reibung eine Scheidung der Elektricitäten zu Wege bringt, ist an sich nicht unwahrscheinlich, jedenfalls ist eine derartige Erregung mit Sicherheit noch nicht konstatirt. Gesetzt aber auch, sie sei vorhanden, dann ist die bei dieser Reibung verlorene, lebendige Kraft nicht hinreichend, das mechanische Aequivalent für die Entstehung auch nur eines Blitzes zu geben.

Man könnte gegen die hier entwickelte Ansicht einwenden, daß die Volumenkontraktion einer Wolke im Wesentlichen in dem Zusammenfließen der Dunst-

Digitized by Google

theilchen zu größeren Tropfen besteht, daß also auf den letzteren sich die Elektricität anhäufen und schließlich bei ihrem Herabfallen auch mit weggeführt werden muß. Dies ist auch unstreitig theilweise der Fall. Man bedenke aber, daß eine gewisse Zeit lang gerade die in der unteren Wolkenschicht sich bildenden Tropfen von dem aufsteigenden Luftstrom, dessen Intensität nach oben abnehmen muß, getragen werden, während die von der oberen kommenden Tropfen schon ohnehin mit größerer Geschwindigkeit in die untere Wolkenschicht gelangen und in Folge dessen leichter den Widerstand der aufsteigenden Luft überwinden. Ein Theil der Ladung geht auf diese Weise ohne Frage verloren, aber um so weniger, je kräftiger der aufsteigende Luftstrom ist. Außerdem findet ja durch die unausgesetzte Verdichtung ein fortwährender Ersatz statt.

Bei feinem Staubregen, der sofort nach seiner Bildung zur Erde fällt, werden sehr starke Entladungen kaum zu erwarten sein. Jedenfalls kommt sehr viel auf die Schnelligkeit der Wolken- und Regenbildung an. Der einer Wolke entfallende Regen muß also die entgegengesetzte Elektricität der Wolke zeigen und kann natürlich auf eine zweite Wolke, die er durchsetzt und die ebenfalls regnet, influencirend einwirken. Im Uebrigen wird nach jedem Blitzschlag der Rest der Wolkenelektricität bei genügendem Regenfall und der davon untrennbaren Volumenkontraktion bald wieder zum Maximum vermehrt.

Das Wesentliche der hier entwickelten Ansicht liegt demnach darin, daß sie die Gewitterelektricität als Influenzelektricität, die Gewitterwolke als einen selbstthätigen Duplikator auffaßt. Der derselben entströmende Regen spielt die Rolle des Wasserstrahls beim *Thomson*'schen Tropfensammler, während die Steigerung der Spannung durch die immense Volumen- und Oberflächenkontraktion bewirkt wird.

Diese Theorie dürfte vor der bislang aufgestellten folgende Vorzüge besitzen:

1. «Sie gestattet die Wolke als ein Aggregat diskreter Wassertröpfchen aufzufassen. Eine derselben mitgetheilte elektrische Ladung verbreitet sich daher nicht durch Leitung, sondern, sobald die Wolke zu regnen beginnt, von Punkt zu Punkt durch Influenz.

2. Sie bedarf nicht nothwendig der Elektrisirung durch Reibung. Es ist zwar nicht ausgeschlossen, daß Reibungsvorgänge die erste Erregung herbeiführen, diese werden aber im weiteren Verlauf der Erscheinung bedeutungslos.

Sollte sich ferner, was nach einer großen Zahl von den Verff. angestellter Versuche noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist, eine Elektricitätserregung durch Reibung von Wasserstaub an Wasser oder Eis experimentell nicht nachweisen lassen, so genügt das Vorhandensein der Luftelektricität, um die Erscheinung einzuleiten.

3. Sie findet das Aequivalent für die zur Bildung der Potentialdifferenz verbrauchte Arbeit in der lebendigen Kraft der herabfallenden Wassertropfen.»

In einer weiteren Mittheilung «über die Elektricitätsentwickelung bei der Regenbildung» führen die Verff. die hier kurz geschilderte Vorstellung von der Elektricitätsentwickelung durch Influenz in einer regnenden Wolke eingehender aus und bringen dieselbe mit den Beobachtungen der Wolkenelektricität durch *Palmieri* in Vergleich. Es muß hier wegen dieser zweiten Mittheilung auf das Original verwiesen werden. (Ann. d. Physik. N. F. Bd. XXV. S. 116 u. 121).

Digitized by Google

Einen gewissen Gegensatz zu der eben dargestellten Auffassung von Elektricität der Gewitterwolken bildet die gleichzeitig mit der vorstehenden publicirte Abhandlung von *P. Andries* «Ueber Gewitter- und Hagelbildung». Von der Erfahrung ausgehend, daß Gewitter und Hagelwetter stets von heftigen Wirbeln begleitet sind, nimmt er die letzteren, die er, im Anschluß an *Faye*, als von den oberen Regionen in die Tiefe sich niedersenkend ansieht, als die Ursache der Hagel- und Gewitterbildung an. Speciell in Betreff der Quelle der Gewitterelektricität schließt sich *Andries* den Ansichten an, welche *Luvini* und *Liebenow* veröffentlicht haben. Er geht wie Letzterer in seiner Darstellung von der *Armstrong*'schen Dampfelektrisirmaschine aus und kommt auch für die Art und die Vertheilung der Elektricität in der Gewitterwolke zu ganz denselben Schlüssen wie *Liebenow*. Er unterscheidet sich in seinen Deduktionen von letzterem aber darin, daß er die mechanische Kraft, welche absolut nothwendig sei, um jene energische Reibung hervorzurufen, wie sie in der hydroelektrischen Maschine stattfindet, in den Wirbelbewegungen bei Gewittern findet. «Ohne diese Wirbelbewegung würden die elektrischen Erscheinungen bei Gewittern nicht intensiver sein als überhaupt bei rascher Nebel-, Wolken- und Regenbildung; man würde höchstens eine Art Wetterleuchten wahrnehmen können.»

Wie die Wirbelbewegung durch Reibung der Wassertropfen an der feuchten Luft Elektricität erzeugt, so veranlaßt sie nach *Andries* auch die Hagelbildung. Die durch die elektrische Ladung beschleunigte Verdampfung und die durch Wirbelbewegung erzeugte Abkühlung an der Oberfläche der kondensirten Wassertropfen reicht aus, um die Tropfen zum Erstarren zu bringen und beseitigt die Hauptschwierigkeit in der Bildungsweise des Hagels.

H. Pellat. **Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Gewitterwolken.** Journ. de Phys. Jan. 1885. III. Ser. Bd. IV. S. 15—25. — Zeitschrift d. österr. Ges. f. Met. 1885. Mai.

Es darf wohl zur Zeit als Thatsache angesehen werden, daß bei heiterem Himmel die Erde eine negativ elektrische Ladung von geringer Dichte hat, selten bei bewölktem Himmel eine positive Ladung von noch geringerer Dichte. Aber auch im letzteren Fall wird die positive Ladung nur über eine geringe Oberfläche ausgedehnt sein, die Gesammtoberfläche der Erde stets einen Ueberschuß von negativer Elektricität besitzen. Auch die Luftschichten nahe am Boden können negativ elektrisch sein, z. B. durch Uebertragung der —E eines Nebels, der dieselbe durch gute elektrische Verbindung mit dem Erdboden erhalten hat und nachher in etwas höheren Schichten verdunstet ist. Aus dieser ständigen negativ elektrischen Ladung der Erde und etwa auch der unteren Luftschichten, die durch niederfallenden negativ elektrischen Regen stets erneuert wird, sollen sich die elektrischen Vorgänge der Atmosphäre vollständig erklären lassen.

Ist die Erde —e, so müssen die oberen Luftschichten mit der Höhe wachsende elektrische Spannung erhalten, wie sich aus der Potentialtheorie ableiten läßt und auch ohne Anwendung derselben aus unseren Vorstellungen von den Influenzvorgängen hervorgeht. Daß es in der That so ist, zeigen die Beobachtungen. Ein in der Luft befindlicher Konduktor, z. B. eine Wolke muß nothwendig durch Influenz elektrisch werden, und zwar an der Unterseite positiv elektrisch, an der Oberseite negativ elektrisch. Die Spannung der Elektricität

Digitized by Google

wird von der Höhe über dem Boden abhängen und im Allgemeinen gleich sein der Spannung, die vorher an der Stelle herrschte, die nachher die Wolke eingenommen hat. Man kann nun aus den Beobachtungen von *Thompson* und *Joule* entnehmen, daß die Spannung bei Erhebung um ein Meter um eine elektrostatische Einheit des C.-G.-S. Systems, d. h. um 1 Volt wächst. Eine auf die vorhin erläuterte Weise durch Influenz elektrisch gewordene Wolke kann durch den Wind in eine untere positive und eine obere negative Wolke getrennt werden. In beiden Theilen herrscht von der Trennung nahezu gleiche Spannung, gleiches Potential. Wenn sie sich vor einander entfernen, entsteht eine Potentialdifferenz, auch ohne daß eine Höhenänderung stattfindet. Wenn aber z. B. die obere negative Wolke sinkt und die untere positive steigt, so wird die Potentialdifferenz beträchtlich, nämlich gleich der Differenz der Potentiale ihrer neuen Lagen; also ist z. B. bei 1000 m Höhenänderung der beiden Wolken die Potentialdifferenz 1000 Volts. Ist außer der Erde auch noch die untere Luft negativ elektrisch, so wird die Potentialdifferenz bei einem Meter Erhebung mehr als ein Volt betragen. Durch heftige Windstöße können die Theile der fraglichen Wolke noch weiter, als vorhin angenommen, von einander entfernt werden und dadurch Potentialdifferenzen von mehreren Tausenden von Volts hervorgebracht werden, ausreichend um kilometerlange Blitze zu erzeugen.

Um die Ergebnisse graphisch darzustellen, sind die Potentialdifferenzen als Abscissen, die zugehörigen Funkenlängen in Centimetern als Ordinaten aufzutragen. Die erhaltene Kurve steigt sehr schnell an und scheint bei 500 — 600 Volts Potentialdifferenz eine Asymptote zu haben, d. h. wenn man sich diesem Werth nähert, so steigt die Funkenlänge rasch ins Unendliche. Auch unter der Annahme, daß kilometerlange Funken erst bei weit mehr als 600 Volts Potentialdifferenz zu erhalten sind, würde die große Länge der Blitze erklärt werden können, da nach dem Obigen unter Umständen Potentialdifferenzen von Tausenden von Volts erklärlich werden. Bei so enormen Konduktoren, wie die Wolken sie darbieten, ist es auch an und für sich klar, daß die zur Entladung in Form von intensiv leuchtenden Blitzen außer großen Potentialdifferenzen nöthige bedeutende elektrische Kapacität leicht vorhanden sein kann, da sie von der Größe des Sammelapparats abhängig ist; mindestens kann sie sehr leicht größer werden als die unserer mächtigsten Batterien.

L. Palmieri. **Neuer Beweis für die Elektricitätsentwickelung beim Kondensiren von Wasserdämpfen.** Il nuovo Cimento. Ser. 3. Tomo XIX. p. 62. — Naturw. Rundschau. 1886. Nr. 25. S. 213.

Beobachtungen[1]) der Luftelektricität, die sich jetzt bereits über 25 Jahre erstrecken, hatten dem Verf. stärkste elektrische Spannungen der Luft beim Auftreten des Regens, Anhalten derselben während seiner Dauer und gleichzeitiges Verschwinden beider mit solcher Regelmäßigkeit ergeben, daß er schon früh die nächste und unmittelbare Ursache für die atmosphärische Elektricität in der Kondensation der Wasserdämpfe suchte. Bereits 1862 hat er diesen Schluß durch das Experiment zu beweisen gesucht; doch blieb dasselbe ohne entscheidenden

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 262.

Digitized by Google

Erfolg auf die Anschauungen der meisten Autoren. Verf. theilt nun ein neues, sehr einfaches Experiment als ferneren Beweis dafür mit, daß der Dampf der Luft, wenn er durch Temperaturerniedrigung sich zu Wasser kondensirt, positive Elektricität entwickelt.

Er nimmt eine Platinschale von etwa 12 cm Durchmesser, isolirt dieselbe vollständig und verbindet sie durch einen Platindraht mit der unteren Platte des Elektroskop-Kondensators. Das Goldblatt des Elektroskops bleibt in Ruhe, sowohl wenn die Schale leer ist, als auch wenn dieselbe mit Wasser von der Temperatur der Umgebung gefüllt ist. Er füllt hierauf die Schale mit festem Schnee, hält wie gewöhnlich die obere Platte des Kondensators in Verbindung mit der Erde und hebt sie ab; das Goldblatt zeigt nun deutliche positive Elektricität. Der Versuch gelingt noch besser, wenn man gleichzeitig mit dem Abheben der oberen Kondensatorplatte die Verbindung der unteren mit der Platinschale unterbricht.

Dieser Versuch ist mehrere Male Ende August und in den ersten Tagen des September wiederholt worden, während die Temperatur der Umgebung zwischen 28° und 24° variirte.

D. Colladon. **Ueber den Ursprung der Gewitterelektricität.** Comptes rendus. 1886. Nr. 15. 16. — Der Naturforscher. 1886. Nr 31. S. 320.

Am 17. Juli und 6. August beobachtete Verf. in Genf zwei besonders interessante Gewitter, über die er der französischen Akademie einen Bericht einreicht, in welchem auch theoretische Betrachtungen über den muthmaßlichen Ursprung der bei Gewittern auftretenden großen Mengen von Elektricität enthalten sind.

Das Gewitter vom 17. Juli zeichnete sich einmal durch seine zahlreichen Blitze aus (45—50 in der Sekunde), dann aber auch dadurch, daß es, mit starkem Regen und Hagel verbunden, volle zwei Stunden an derselben Stelle verweilte, um alsdann mit ganz geringer Geschwindigkeit theils gegen Südosten, theils gegen Osten abzuziehen. In der Zeit, während der es stationär blieb, versendete es also eine solche Menge von Blitzen, daß eine ungeheure Elektricitätsmenge auf einem sehr beschränkten Raum zum Ausgleich gelangt sein mußte.

Palmieri sucht die Erregung der Elektricität in den Gewitterwolken auf die Kondensation des Wasserdampfes zu Regentropfen zurückzuführen, so daß jede Regen aussendende Wolke eine Elektricitätsquelle ist; man kann jedoch Versuche anstellen, aus welchen zu schließen ist, daß bei der Verdichtung des Wasserdampfes zwar Elektricität auftritt, aber nicht in nennenswerthem Betrag.

Im Gegensatz dazu findet *Faye* die Quelle der Gewitterelektricität in dem Herabsteigen von höheren Luftschichten gegen die Wetterwolken hin und stimmt darin im Allgemeinen mit dem Verf. überein, nur schreibt ersterer die Veranlassung des Herabsinkens von sehr hoch über den Wetterwolken liegenden Luftmassen einzig und allein den bei Gewittern zu beobachtenden gradlinig verlaufenden und wirbelnden Luftströmungen zu. Es ist jedoch wohl bekannt, daß es nicht bloß Gewitter mit ausgesprochener Wirbelbewegung giebt, sondern auch mindestens ebenso häufig solche, bei welchen die Gewitterwolke längere Zeit über demselben Orte verharrt und wo also das Herabsinken höher gelegener Luftmassen nur durch

Digitized by Google

den Platzregen hervorgerufen wird, der somit augenscheinlich die einzige Ursache der Erneuerung der elektrischen Spannung und dann und wann auch der Bildung von Hagelkörnern ist.

Luvini glaubt, daß bei derartigen Vorgängen als weiterer Faktor von wesentlicher Bedeutung der Reibungsvorgang der feuchten Luft an den Cirruswölkchen und den über den Wolken schwebenden Wassertheilchen eintrete. Aber diese Elektricitätserregung setzt in erster Linie niedersinkende Luftmassen voraus, dann ferner eine sehr lebhafte Bewegung solcher Luftschichten, um die sofortige Vereinigung der durch den Reibungsvorgang getrennten elektrischen Medien zu verhindern.

Verf. versucht, zum Theil in Uebereinstimmung mit den Ansichten von *Palmieri, Faye* und *Luvini*, eine von den Thatsachen unterstützte genügende Erklärung für die starke, oft in unmittelbarer Folge aufgehobene und wiederhergestellte elektrische Spannung der Gewitterwolken zu geben, indem er zunächst daran erinnert, daß jede fallende Wassersäule einen derselben folgenden Luftstrom verursacht, der bekanntlich dazu benutzt werden kann, Gebläse zu nähren. Bei Wasserfällen wird der Kaskadenwind zuweilen orkanartig. In derselben Weise verursacht jeder Regenguß einen niedersteigenden Luftstrom, der dort entsteht, wo sich die Regentropfen gebildet haben und da die Einwirkung des Regens auf die mitgeführte Luft erst an der Erdoberfläche aufhört, so kann letztere nur am Boden seitlich entweichen. In den Regionen, wo die Regentropfen sich bilden, entsteht also eine atmosphärische Depression, welche dadurch ausgeglichen werden kann, daß entweder Luft von den Seiten oder von oben her zuströmt. Im ersten Fall kann die Regenwolke keine große Ausdehnung haben; breitet sie sich jedoch sehr weit aus, so ist eine Ausfüllung der Depression im Innern des Regengebietes nur von oben möglich: es senken sich Luftmassen auf die Gewitterwolken herab.

Wenn die regnenden Wolken sehr dicht sind und in großer Höhe schweben, wie dies im Sommer gewöhnlich der Fall ist, so führen die durch den Regen von oben herab gesaugten Luftmassen beständig positive Elektricität, Eisnadeln und Wasserkügelchen im Zustand der Ueberkaltung mit sich. Das Gemenge von Eisnadeln und Wassertheilchen, deren Temperatur unter Null Grad liegt, wird mehr als ausreichend sein, um die infolge vermehrter Dichte der herabsinkenden Luft auftretende Erwärmung zu kompensiren, und daher kann die mittlere Temperatur der Gewitterwolken beträchtlich unter den Gefrierpunkt sinken.

In allen Fällen, wo eine Wirbelbewegung nicht nachgewiesen werden kann, genügen diese theoretischen Betrachtungen, um auf einfache und natürliche Weise zwei meteorologische Erscheinungen zu erklären, deren Ursachen man schon lange nachgeforscht hat, nämlich 1. die rasche Erneuerung der elektrischen Spannung in den meisten Gewitterwolken, welche trotz des beständigen Ausgleichs ihrer Elektricität gegen diejenige der Erde stattfindet, sei es, daß dieser Austausch durch Blitzschläge geschieht, oder unsichtbar vermittelt wird durch die mit Feuchtigkeit gesättigten unteren Luftschichten, und 2. die Bildung von Graupeln und Hagelkörnern, welche besonders auf die Monate Juli und August fällt, wo die Gewitterwolken bei sehr großer Dichte eine Höhe bis zu 3000 m, ja sogar bis 5000 m erreichen.

Ueber die Art und Weise der Verbreitung der elektrischen Spannung auf

Digitized by Google

der Grenzfläche und im Inneren der Wolken weiß man sehr wenig, und es ist wahrscheinlich, daß dieselbe je nach dem Grad ihrer Dichte und der Art ihres Aufbaues zwischen weiten Grenzen schwankt. Gewiß ist jedoch, daß die schwersten Gewitterwolken als wirkliche Konduktoren betrachtet werden können, obgleich sie aus Millionen kleiner, einzeln elektrisirter Centren bestehen, die aber in einem gewissen Moment gleichzeitig fast ihre ganze elektrische Spannung verlieren.

Manchmal ist es leicht, die Beobachtung zu machen, daß schwere Gewitterwolken sich nicht in ihrer ganzen Ausdehnung momentan elektrisch entladen, sondern man bemerkt statt eines einzigen Blitzes eine rasche Folge von Einzelblitzen, die eine Art elektrisches Stakkato bilden.

In den meisten Lehrbüchern der Meteorologie findet sich die Bemerkung von *Wheatstone* aufgeführt, daß die Dauer eines Blitzes ein Tausendstel einer Sekunde nie überschreite. Nach den Beobachtungen von *Dufour* in Lausaune ist aber bei Gelegenheit von heftigen Gewittern die Zahl der Blitze durchaus nicht selten, welche eine meßbare Zeit dauern, die weit größer ist als die Dauer des Funkens einer Leydener Flasche.

In den Jahren 1883 und 1885 sind von *Hänsel* in Reichenberg (Böhmen) Blitze photographirt worden, und solche Photographien lassen Einzelheiten erkennen, deren Auffindung der unmittelbaren Beobachtung nie gelungen wäre. Es zeigen nämlich einzelne Blitze einen zur Erde gerichteten Hauptast, mit welchem aus den verschiedensten Theilen einer Wolke Seitenäste sich vereinigen, so daß man einen solchen Blitz mit dem System eines Stromes und seiner Nebenflüsse vergleichen kanu.

Die Beobachtung vom 6. August 1885 bezieht sich gleichfalls auf ein Gewitter, das in der Nacht stundenlang über dem Genfer See und seinen Umgebungen verweilte. Eine lange schwarze Wolke war auf beiden Seiten mit einem stark leuchtenden Bande von Cirrusstreifen besetzt; zugleich war der im Bereich des Gewitters sich befindende Mont Salève von einem lebhaft phosphorescirenden Schein übergossen; wegen der großen Entfernung vermochte der Beobachter nicht zu unterscheiden, ob die Erscheinung nur den Wolken angehörte, oder ob sie als Elmsfeuer die bewaldeten Hänge der Salève sichtbar machte.

An demselben Abend beobachtete *F. Gartside* südlich von Liverpool (1000 km von Genf entfernt) eine großartige Entwickelung der atmosphärischen Elektricität. Mächtige Wogen von Elektricität schienen sich während des Gewitters von der Erde zu den Wolken zu erheben und bedeckten die Spitze eines Hügels mit glänzendem Licht.

Nach den von *Billwiller* in Zürich entworfenen Karten vollzog sich von dem 5. auf den 6. August 1885 ein Umschwung in dem atmosphärischen Gleichgewicht über Westeuropa. Der hohe Druck, welcher seit dem 20. Juli Großbritannien nicht verlassen hatte, war plötzlich warmen und sehr feuchten Südwestwinden gewichen.

H. Wild. **Einfluß der Qualität und Aufstellung auf die Angaben der Regenmesser.** Repertorium für Meteorologie. Bd. IX. Nr. 9.

Bei Gelegenheit seiner Arbeit über die Regenverhältnisse im russischen Reich schien es dem Verf. räthlich, als Vorbereitung dazu eine Untersuchung über den Einfluß, welchen verschiedene Umstände auf die Angaben der Regen-

Digitized by Google

messer ausüben, anzustellen. Offenbar muß nämlich bei der Beurtheilung der Güte und Vergleichbarkeit der Niederschlagsbeobachtungen an verschiedenen Orten auch dieser Umstand mit in Betracht gezogen werden, wenn man nicht riskiren will, beträchtliche Fehler zu begehen.

1. Einfluß der Form und Qualität der Regenmesser. Die 4½jährigen vergleichenden Versuche in Castle House, Calne[1]) haben für die verhältnißmäßigen Angaben gleich hoher runder und quadratischer Regenmesser Folgendes ergeben:

Durchmesser der Kreisfläche.				Seite des Quadrates.	
5″	8″	12″	24″	5″	10″
99,6	103,6	100,0	100,0	97,1	98,3.

Zweijährige Experimente in Strathfield Turgiss[2]) führten zu folgenden Resultaten:

Durchmesser der Kreisfläche.		Seite des Quadrates.	
8″	12″	5″	10″
99,1	100,0	97,5	93,9.

Vergleichende Beobachtungen, welche in dieser Richtung im Jahre 1872 und 1873 vom Verf. in Petersburg auf einem freien Platze mit einem runden Regenmesser mit 500 qcm Oberfläche und einem quadratischen mit 1115 qcm Oberfläche angestellt wurden, haben folgende Resultate ergeben:

Regenmesser in 1 m Höhe über dem Boden.

	1872.		1873.		1872 u. 1873.		
	Rund. mm	Quadrat. mm	Rund. mm	Quadrat. mm	Rund. mm	Quadrat. mm	Verhältniß.
Januar	42,9	41,3	45,5	59,7	88,4	101,0	1,142
Februar	28,0	28,1	19,8	16,2	47,8	44,3	0,927
März	15,0	16,4	17,2	10,2	32,2	26,6	0,826
April	15,4	19,2	26,8	28,5	42,2	47,7	1,130
Mai	43,4	49,7	102,7	105,2	146,1	154,9	1,060
Juni	30,5	36,2	77,5	67,6	108,0	103,8	0,961
Juli	38,4	42,0	29,9	22,9	68,3	64,9	0,950
August	82,2	84,7	109,2	111,9	191,4	196,6	1,027
September	92,2	102,7	28,2	31,4	120,4	134,1	1,114
Oktober	16,3	19,0	57,2	67,9	73,5	86,9	1,182
November	40,5	50,2	36,3	35,4	76,8	85,6	1,115
December	48,0	49,8	50,8	50,5	98,8	100,3	1,015
Summe	429,8	539,3	601,3	607,4	1093,9	1146,7	1,048.

Hiernach zeigt der quadratische (und zugleich doppelt so große) Regenmesser im Jahr nahe 4% mehr Niederschlag als der runde, und überdies ist das Verhältniß ein sehr schwankendes (± 9%). Auch bei den englischen Beobachtungen schwankt das Verhältniß sehr, z. B. zwischen 0,82 und 1,01 für den quadratischen Regenmesser von 5 Zoll Seite in Calne; doch gaben dort in der Jahressumme die quadratischen Instrumente 2—6% weniger Niederschlag als die runden.

[1]) Report of the British Association for 1869. p. 388.
[2]) Symon's British Rainfall. 1868. p. 30 u. 1869. p. 33.

Digitized by Google

Da die runden Regenmesser untereinander viel besser stimmen, so ergiebt sich aus dem Vorstehenden jedenfalls das Eine mit Sicherheit, daß es der Vergleichbarkeit der Resultate halber besser ist, nur eine Form der Regenmesser und zwar die runde zu benutzen.

Ein weiterer Versuch mit zwei gleichen und gleich hoch placirten Regenmessern aus Zink, von welchen der eine außen schwarz, der andere weiß angestrichen war, zeigte, daß auch die Farbe — als die Strahlung und damit Erwärmung modificirend — keinen erheblichen Einfluß auf die Resultate hat.

2. Einfluß der Größe der Regenmesser. Aus den 4½jährigen Beobachtungen in Castle House, Calne und den fast zweijährigen Vergleichungen in Strathfield Turgiss ergiebt sich im Jahresmittel folgendes Verhältniß der Angaben runder Regenmesser von 1—24 Zoll Durchmesser, die mit ihren Oeffnungen je 1 Fuß hoch über dem Boden aufgestellt waren:

Durchmesser:	1″	2″	4″	5″	6″	8″	12″	24″
Calne	91,4	95,6	99,7	99,6	102,6	103,6	100,0	100,0
Turgiss	96,1	97,8	100,2	97,8	100,9	99,1	100,0	101,3.

Hiernach können die Ergebnisse runder Regenmesser, deren Durchmesser von 4 bis 24 Zoll variiren, im Durchschnitt bis auf ± 1% als identisch betrachtet werden.

Dieses Resultat wird bis zu Regenmessern von 112,8 cm Durchmesser durch die Versuche des Verf. bestätigt:

Oberfläche des Regenmessers.	Niederschlagssummen von 1872—1876.					
	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
500 qcm	136,3	165,6	248,6	432,1	263,8	109,0
10000 »	139,7	171,3	246,9	432,3	268,9	115,2.

Die freilich bloß einjährigen Beobachtungen von *Eastman* in Washington an Regenmessern von 1—6 Zoll Durchmesser scheinen die obige Grenze der Sicherheit von ± 1% sogar bis 2,5 Zoll herunter auszudehnen. Wenn man indessen bedenkt, daß selbst bei einem Durchmesser von 4 Zoll oder einer Oberfläche von 81 qcm eine Regenhöhe von 0,1 mm nur 0,8 ccm aufgefangenes Wasser im Regenmesser giebt, so wird man Angesichts der unvermeidlichen Verluste bei den Messungen es nicht gerathen finden, auf den meteorologischen Stationen so kleine Regenmesser anzuwenden.

3. Einfluß der Höhe der Regenmesser über dem Boden. Da dieser Faktor von viel beträchtlicherem Einfluß auf die Angaben der Regenmesser ist, so sind darüber auch viel mehr Untersuchungen als über die vorigen angestellt worden.

Zu Castle House, Calne sind während 4½ Jahren (1863—1867) an 10 in verschiedener Höhe über dem Boden aufgestellten, gleich großen Regenmessern (8 Zoll Durchmesser) vergleichende Beobachtungen angestellt worden. Da bei dem Regenmesser im Niveau des Bodens hie und da ein Einfließen von Regenwasser aus der Umgebung und auch bei dem in 2 Zoll Höhe ein Hineinspritzen beobachtet worden war, so wurde vom Jahre 1865 an noch ein in einer Grube stehender Regenmesser, dessen Rand ebenfalls in das Niveau des sie umgebenden Bodens zu stehen kam, mitbeobachtet. Es ergaben sich folgende Verhältnißzahlen:

Digitized by Google

Monat	Grube	Höhe des Standes über dem Erdboden.								Durchmesser	
										8 Zoll	5 Zoll
	0	0 m	0,05 m	0,15 m	0,30 m	0,61 m	0,91 m	1,52 m	3,05 m	6,10 m	6,10 m
Januar	1,000	1,070	1,000	940	885	875	865	835	810	810	785
Februar	1,000	1,035	1,000	955	915	915	900	860	840	825	810
März	1,000	1,115	1,030	980	940	925	905	890	885	855	900
April	1,000	1,023	1,003	973	960	953	947	927	920	910	870
Mai	1,000	1,010	0,990	967	967	963	963	947	937	930	880
Juni	1,000	1,003	0,993	980	980	980	980	967	957	950	913
Juli	1,000	0,997	0,990	967	967	973	970	963	943	940	903
August	1,000	1,000	0,990	970	977	970	970	967	957	957	930
September	1,000	0,995	0,995	980	970	970	970	960	950	945	920
Oktober	1,000	1,000	0,993	983	983	977	973	963	957	953	923
November	1,000	1,010	0,980	960	960	940	933	910	883	873	853
December	1,000	1,043	1,020	973	943	927	907	890	870	867	853
Mittel:	1,000	1,025	999	969	954	947	940	923	909	901	878

Diese Beobachtungen zeigen, daß in der That bei den beiden niedrigsten Regenmessern in ihren Angaben Fehler durch Hineinspritzen von Wasser entstanden sind, ferner daß bei hochgestellten Regenmessern die kleineren beträchtlich weniger Niederschlag ergeben, endlich daß die von den Regenmessern aufgefangene Regenmenge mit der Erhebung derselben über den Boden anfänglich rasch, dann langsamer abnimmt und daß diese Abnahme in den Wintermonaten eine viel beträchtlichere als in den Sommermonaten ist.

In der betreffenden Abhandlung ist nachgewiesen, daß dies der größeren Windstärke und wohl auch gelegentlichem Schneefall in den Wintermonaten beizumessen ist.

Es war also zu erwarten, daß an Orten mit anderen Windverhältnissen und mit häufigem Schneefall die Abnahme der Niederschlagshöhe etwas anders ausfallen werde, weshalb Verf. diese Versuche mit Regenmessern von 25,23 cm Durchmesser wiederholte. Der Regenmesser im Bodenniveau wurde in eine entsprechende Grube gestellt. Die Versuche dauerten 10 Jahre (1873—1882). Die Monatsmittel sind in nachfolgender Tabelle im 10jährigen Durchschnitt zusammengestellt:

St. Petersburg.

Höhe der Aufstellung m	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novembr.	Decembr.	Jahr.
0	37,1	34,0	32,7	25,2	51,9	54,1	83,7	85,6	49,9	52,5	49,8	41,9	598,4
1	22,5	19,0	21,0	20,0	47,2	51,9	80,8	82,4	47,3	45,8	36,7	25,8	500,4

Digitized by Google

Höhe der Aufstellung m	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novembr.	Decembr.	Jahr.
2	20,3	17,1	19,6	19,4	46,3	51,0	79,9	81.3	46,8	44,8	35,0	24,1	485,6
3	18,0	15,0	18,1	18,9	45,8	49,8	78,9	80,6	46,2	44,0	33,0	22,1	470,4
4	16,6	14,0	17,5	18,5	45,5	49,8	78,2	80,2	45,6	43,1	32,1	20,8	461,9
5	15,8	12,9	16,5	18,2	45,2	49,5	77,8	79,4	45,2	42,7	31,2	19,5	453,9
25	6,2	4,8	6,6	11,5	37,4	43,8	71,4	72,1	39,4	32,3	18,1	8,5	352,1

Aus diesen Daten ergiebt sich für St. Petersburg eine im Allgemeinen und besonders in den Monaten December, Januar, Februar und März mit fast ausschließlichem Schneefall sehr viel stärkere Abnahme der von den Regenmessern angegebenen Niederschlagshöhe mit der Höhe über der Erdoberfläche. In den letzterwähnten Monaten ist die Abnahme eine nahezu gleiche, so daß man sie ganz gut in eine Gruppe zusammenfassen kann, welche das Gesetz der Abnahme bei Schneefall darstellen kann. Die Monate April und November einerseits, sowie Mai und Oktober andererseits zeigen je wieder eine verwandte Abnahme mit der Höhe; erstere können die Jahreszeit mit gemischten Niederschlägen, letztere die mit seltenen Schneefällen repräsentiren. Endlich lassen sich die Daten für die Monate Juni bis September mit ausschließlich flüssigem Niederschlag auch in Bezug auf die Abnahme derselben mit der Höhe wieder ungezwungen in eine Gruppe zusammenfassen, in welcher diese ihr Minimum aufweist.

Auch in den Beobachtungen des Verf. stellte sich heraus, daß nicht etwa nur der Aggregatzustand des Niederschlages das wesentlich Bedingende für die größere oder geringere Abnahme der Regenmesserangaben mit der Höhe ist, sondern auch die Geschwindigkeit des Windes dabei eine wichtige Rolle spielt. Sowohl bei vorwiegendem Regen als vorwiegendem Schneefall wurde die Abnahme der Regenmesserangaben mit der Erhebung über den Boden bei stärkerem Winde eine größere.

Die Abnahme der von den Regenmessern angegebenen Niederschlagsmenge mit ihrer Erhebung über dem Boden wird durch das Herauswirbeln der Schneeflocken aus den Apparaten durch den Wind einerseits, so wie durch die Ablenkung der Regentropfen oder Schneeflocken aus ihrem vertikalen Fall durch denselben andererseits erklärt werden können, wenn man bedenkt, daß die Geschwindigkeit des Windes in den unteren Luftschichten mit der Annäherung an den Erdboden rasch abnimmt.

Die richtige Niederschlagsmenge wird nach dem Mitgetheilten offenbar der Grubenregenmesser geben, d. h. ein Regenmesser, dessen Oeffnung sich im Niveau des Erdbodens befindet und der durch eine umgebende flache Grube vor dem Hineinspritzen von Regen aus der Umgebung und vor dem Hineinwehen von Schnee geschützt ist. Kann ein solcher besonders wegen der letzteren Schwierigkeit nicht unmittelbar zu den Beobachtungen benutzt werden, so müssen die an höher gestellten Regenmessern beobachteten Niederschlagsmengen auf den Erdboden reducirt werden.

Digitized by Google

Zu letzterem Zweck zieht Verf. die Beobachtungen von einigen anderen Orten mit heran und bildet, ohne Rücksicht auf die Länge der Beobachtungsperioden, einfache Mittelwerthe je für die Orte 9,1 bis 15,4, von 21,3 bis 34,1 und endlich von 46,0 bis 79,2 m Höhe. Hierbei ergeben sich folgende durchschnittliche Relativzahlen:

Höhe.	Niederschlagsverhältniß.
0 m	100
13	75 ± 4
26	64 ± 7
59	58 ± 6

Die mit ± bezeichneten beigesetzten Zahlen bedeuten die mittlere Abweichung der einzelnen Beobachtungsdaten der betreffenden Gruppen von einer Kurve, welche nach den vorstehenden mittleren Daten verzeichnet ist.

Angesichts der beträchtlichen Differenzen, welche die Abnahme der Niederschlagsmengen mit der Höhe für verschiedene Orte mit differenten Windverhältnissen und verschiedener Natur des Niederschlags zeigt, erscheint es schwierig, die Niederschlagsmengen auf die Mengen zu reduciren, welche überall im Niveau des Bodens erhalten worden wären. Diese Schwierigkeit wird noch durch den ebenfalls nicht unerheblichen Einfluß vermehrt, welchen die Aufstellung des Regenmessers haben kann.

4. Einfluß der Aufstellung der Regenmesser. Im Hinblick auf verschiedene Unregelmäßigkeiten in den Regenmessungen bei verschiedener Höhe, welche an verschiedenen Orten beobachtet wurden, sah sich Verf. veranlaßt, den Einfluß zu studiren, den die Aufstellung der Regenmesser auf die Beobachtungen auszuüben vermag. Er stellte einen Regenmesser in 3 m Abstand von dem Observatorium 1,8 m hoch, und einen zweiten in 7,8 m Entfernung von letzterem in 3,6 m Höhe auf. Im Mittel der Jahre 1869 und 1870 war das Verhältniß der jährlichen Niederschlagssumme am geschützten Regenmesser in 1,8 m Höhe zu der vom freien Regenmesser in 3,6 m Höhe wie 1071 : 1000, während nach späteren Vergleichungen bei freier Exposition die Niederschlagsmengen in diesen beiden Höhen im Jahr sich verhalten sollten wie 1048 : 1000. — In einem zweiten Fall verhielt sich die Niederschlagshöhe eines geschützten zu der eines frei aufgestellten Regenmessers, bei 1,8 resp. 1 m Höhe, wie 1062 : 1000, während bei gleich freier Lage das Verhältniß 975 zu 1000 sein sollte. Die große Differenz von 9% spricht wieder für den bedeutenden Einfluß der geschützten Aufstellung.

Um bei freier Aufstellung den störenden Einfluß des Windes durch Herauswehen insbesondere des Schnees aus dem Regenmesser geringer zu machen, hat Verf. in einen Regenmesser von 500 qcm Oberfläche zwei unter 90° sich schneidende vertikale Scheidewände aus Zinkblech einsetzen lassen, die oben bis zu ungefähr 5 cm vom Rande reichen, unten an den Boden anschließen und nur in der Mitte etwas ausgenommen sind, um dem Wasser den Abfluß in den unteren Theil des Regenmessers zu gestatten. Es stellte sich nun bei den betreffenden Vergleichungen Folgendes heraus:

Digitized by Google

St. Petersburg. Regenmesser in 2 m Höhe.

	1877.		1878.		1879.	
	Ohne K.	Mit K.	Ohne K.	Mit K.	Ohne K.	Mit K.
Jahr	483,4	493,3	601,5	608,3	597,2	605,0
Okt. — März	148,8	155,7	226,6	232,9	189,5	195,9.
	Regenmesser in 5 m Höhe.					
Jahr	460,8	478,6	448,1	462,3	361,1	366,6
Okt. — März	180,7	199,8	111,7	122,2	107,0	112,7.

Aus dem Vergleich der Jahressummen ergiebt sich, daß im Mittel der 3 Jahre der Regenmesser mit Kreuz in 2 m Höhe bloß 1,4% und der in 5 m Höhe 3,0% mehr Niederschlag lieferte als der ohne Kreuz. Beschränkt man aber den Vergleich auf die Monate Okt. — März mit vorwiegendem Schneefall, so findet man, daß in dieser Zeit die Regenmesser mit Kreuz in 2 m Höhe 3,5% und der in 5 m Höhe gar 8,8% mehr Niederschlag ergab.

Da indessen der Einfluß des kreuzförmigen Einsatzes in der Jahressumme doch nicht so bedeutend erschien als derjenige der geschützten Aufstellung beim magnetischen Observatorinm, so ließ Verf. in einer Entfernung von 30 m von letzterem noch einen Roggenmesser in 1 m Höhe aufstellen, denselben aber zur Erzielung eines ähnlichen Schutzes gegen den Wind wie beim magnetischen Observatorium mit einem massiven Bretterzaun von 2,5 m Höhe in nahe gleichem Abstand vom Regenmesser in der Mitte umgeben. Es ergab sich:

	1880.		1881.		1882.	
	Mit Zaun.	Frei ohne Kreuz.	Mit Zaun.	Frei mit Kreuz.	Mit Zaun.	Frei mit Kreuz.
Jahr	552,7	507,0	521,9	500,9	400,2	388,8.

Das Verhältniß beträgt — bei Reduktion des freien Regenmessers in den letzteren beiden Jahren auf einen solchen ohne Kreuz — zwischen der vom Regenmesser mit Zaun aufgefangenen Regenmenge zu der vom freien Regenmesser in derselben Höhe von 1 m über dem Boden angegebenen wie 1065 : 1000. Die schützende Wirkung des Zaunes ist also von gleicher Ordnung wie die der Hausnähe. Sie wird wie diejenige des Kreuzes auffallender in den Wintermonaten und besonders dann, wenn Schnee bei Frost und heftigem Winde fällt.

Schließlich hat Verfasser einen Regenmesser mit Schutztrichter nach *Nipher*[1]) von gleicher Größe wie die übrigen (500 qcm) einrichten und zum Vergleich mit den anderen in 3 m Höhe über dem Boden aufstellen lassen. Die vergleichenden Beobachtungen hatten folgende Daten ergeben:

1885.	Regenmesser in 3 m Höhe.			1 m hoch
	Gewöhnl.	Mit Kreuz.	Mit Schutztrichter.	in Zaun.
Januar	20,3	20,2	28,7	29,9
Februar	38,9	41,0	47,9	43,8
März	8,0	10,1	12,3	12,4
April	17,5	18,9	20,4	21,1
Summe	84,7	90,2	109,3	107,2.

Der Regenmesser mit Schutztrichter lieferte also in der Jahreszeit mit fast ausschließlich festen Niederschlägen auch bei einer Höhe von bloß 3 m über dem

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 457.

Digitized by Google

Boden noch 29% mehr Niederschlag als ein gewöhnlicher und 21% mehr als ein solcher mit Kreuz, dagegen nur 2% mehr als der mit einem Zaun umgebene. Wenn also bloß die höchste Angabe als alleiniges Kriterium der Richtigkeit des Instrumentes aufzufassen wäre, so müßte unstreitig der *Nipher*'schen Konstruktion der Vorzug vor allen anderen bekannten gegeben werden. Wie indessen schon *Börnstein* bemerkt hat, tritt bei Schneefall häufig ein Hereinwehen des auf dem oberen Rande des Schutztrichters angehäuften Schnees in den Regenmesser selbst ein, was also allzugroße Angaben veranlassen kann und daher bis auf Weiteres doch noch Zweifel an der Richtigkeit des Instrumentes erwecken kann.

Vergleicht man die Effekte der verschiedenen erwähnten Einflüsse auf die Angaben der Regenmesser, so erkennt man, daß die der Form, Qualität und Größe bedeutend hinter dem der Aufstellungsweise und der Höhe des Regenmessers über dem Boden zurückstehen und daß für größere Höhen der letztere Einfluß auch den der Aufstellungsart übertrifft. Behufs strenger Vergleichbarkeit der Resultate von Niederschlagsmessungen an ein und demselben Ort zu verschiedenen Zeiten oder gleichzeitigen Beobachtungen an verschiedenen Orten unter Anwendung diverser Instrumente und ungleicher Aufstellung derselben sollte man also, da der Effekt der letzteren selbst bei mäßigen Höhen leicht mehr als 10% betragen kann, suchen, Korrektionen zur Reduktion auf angenähert gleiche Verhältnisse anzubringen. In einzelnen Fällen dürfte dies wohl angenähert auf Grundlage der mitgetheilten Erfahrungen geschehen können, weitaus in der Mehrzahl der Fälle wird man sich aber namentlich in Betreff des Effekts der Aufstellungsart, resp. der näheren und ferneren Umgebung so sehr im Ungewissen befinden, daß die Anbringung von Korrektionen als eine sehr gewagte erscheinen dürfte. Will man also auch nur relative Fehler bis zu 5% in den Jahressummen und von 10% und mehr in den Monatssummen der Niederschläge von dieser Seite her vermeiden, so wird man sich durchaus über eine mehr konforme Höhe und Art und Weise der Aufstellung der Regenmesser einigen müssen. *E. W.*

C. Lang und J. Bauer. **Vergleichung von Regenmessern.** Beobachtungen d. met. Stat. im Königr. Bayern. VII. Jahrgang. 1885. S. XXX.

Auf Veranlassung von *C. Lang* hat *J. Bauer* in Straubing vergleichende Beobachtungen mit dem Regenmesser von *G. Hellmann* und *W. von Bezold* angestellt. Der Apparat von *Hellmann*[1]) besteht aus einem 45 cm hohen cylindrischen Gefäß aus Zinkblech, dessen 1/50 qm große Auffangfläche von einem scharfkantig abgedrehten und auf dem meteorologischen Institute auf seine Dimensionen genau geprüften Messingringe umgrenzt wird, während der flach konisch zulaufende Boden in dem durch einen Drücker oder Schlüssel schließbaren Ausflußhahne endet. Ein in 15 cm Höhe vom Boden eingesetzter flacher Trichter (doppelter Boden) scheidet das eigentliche Auffanggefäß von dem unteren Sammelgefäß, in welchem das Wasser gegen Verdunstung möglichst geschützt ist. Bei dem *v. Bezold*'schen Regenmesser besteht das Auffanggefäß aus einem Gefäß von starkem Zinkblech von 30 cm Höhe und 36 cm Durchmesser. Dasselbe ist oben und unten mit einem konischen Ansatz versehen. Der obere Konus ist durch

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1885. 8. 86.

Digitized by Google

mehrere Lagen von dickem Zinkblech verstärkt und dann auf der Drehbank abgedreht. Der Durchmesser der oberen Oeffnung beträgt 25,23 cm, so daß die Auffangfläche $^1/_{20}$ qm = 500 qcm mißt.

Soweit die vergleichenden Beobachtungen, vorbehaltlich ihrer kurzen Dauer jetzt schon zu einem Urtheile berechtigen, scheint es daß

1. der *Hellmann*'sche Regenmesser im Allgemeinen um ca. 5 Procent der Gesammtsumme weniger Niederschlag mißt als der in Bayern eingeführte,
2. diese Minderleistung bei geringer Niederschlagsdichtigkeit in größerem Maßstabe auftritt als bei erheblicher, und
3. dies am schroffsten ist bei den in fester Form fallenden Niederschlägen.

E. W.

R. Bergmann. **Ueber die Zuverlässigkeit der Haarhygrometer** auf den meteorologischen Stationen in Rußland. Repert. f. Meteor. Bd. IX. Nr. 3.

Aus den Zusammenstellungen des Verf. ergiebt sich vor Allem, daß ein Haarhygrometer alle 5 Jahr einer größeren Reparatur zu unterziehen ist, die nicht vom Beobachter selbst, sondern nur in einer mech. Werkstatt ausgeführt werden kann und ferner, daß es durchschnittlich einmal im Jahr einer kleineren Reparatur, hauptsächlich einer Zeigerverstellung ausgesetzt werden muß.

Bezüglich der Beobachtungen selbst scheinen die Minima der relativen Feuchtigkeit unter 30 % durchschnittlich zu hoch und die Maxima über 90 % zu niedrig vom Haarhygrometer angegeben zu werden. *E. W.*

A. Baudoin. **Des influences météorologiques sur la composition du vin.** Ann. agronomiques. T. XII. 1886. Nr. 2. p. 86—88.

E. Edlund. **Sur l'origine de l'électricité atmosphérique, du tonnere et de l'aurore boréale.** Stockholm. P. A. Norsted und Söhne. 1884 oder 1885.

H. Wild. **Neue Versuche über die Bestimmung der wahren Lufttemperatur.** Rep. f. Meteor. Bd. X. Nr. 4.

H. A. Hazen. **Thermometer-Aufstellung.** Meteor. Zeitschrift. 1886. Heft 8. S. 352.

A. Woeikof. **Die Klimate der Erde.** Erster Theil. Jena. 1887. Hermann Costenoble.

Recension.

Adolf Mayer. **Lehrbuch der Agrikulturchemie** in vierzig Vorlesungen zum Gebrauch an Universitäten und höheren landwirthschaftlichen Lehranstalten sowie zum Selbststudium. In zwei Theilen. Mit Holzschnitten und zwei lithographirten Tafeln. Dritte verbesserte Auflage. Heidelberg. 1886. Carl Winter's Universitätsbuchhandlung. Preis 18 Mark.

Der Verf. des vorliegenden wohlbekannten Lehrbuches nimmt unter den Vertretern der Agrikulturchemie insofern eine ganz eigenartige, originelle Stellung ein, als er, den in den betreffenden Kreisen fast allgemein eingenommenen einseitigen chemischen Standpunkt verlassend und unbekümmert um die künstlich gezogenen Grenzen seiner Wissenschaft, die ermittelten Thatsachen der gesammten

Digitized by Google

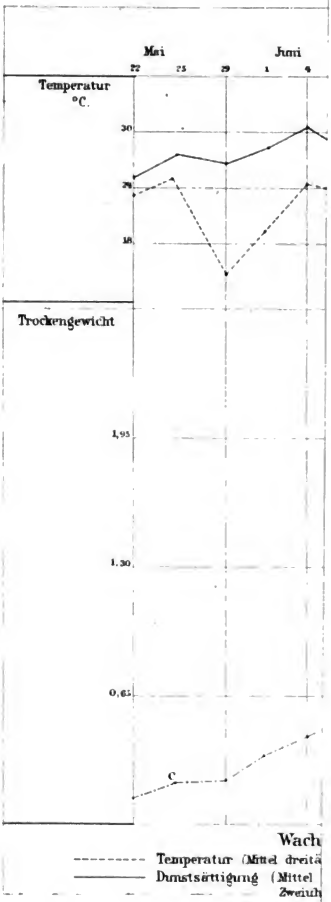
Naturwissenschaften sowie der einschlägigen Gebiete der Volkswirthschaftslehre in logischer Aufeinanderfolge zu einem harmonischen Ganzen vereinigt und dadurch auf breitester wissenschaftlicher Basis die Grundsätze ableitet, welche bei einer möglichst erfolgreichen Thätigkeit in der Pflanzenproduktion zu berücksichtigen sind. In Rücksicht auf die mannigfachen Kombinationen, in welchen die verschiedenen maßgebenden Wachsthumsfaktoren unter den jeweiligen lokalen Verhältnissen ihre Wirkung geltend machen, wird offenbar die Wissenschaft nur dann eine nützliche Verwerthung für die Praxis finden können, wenn sie alle Umstände und Verhältnisse einer kritischen Untersuchung unterzieht, die für die physische und wirthschaftliche Seite der landwirthschaftlichen Produktion in Betracht kommen. In dem Bestreben, in dieser Richtung nützliche Kenntnisse zu verbreiten, ist es dem Verf. gelungen, in vorliegendem Lehrbuch der Agrikulturchemie ein Werk zu schaffen, welches sowohl seinem Inhalte nach, als auch bezüglich der Darstellung den Anforderungen der Wissenschaft gleichergestalt wie denjenigen der Praxis in vollkommenster Weise gerecht wird und unstreitig als das beste Buch auf dem in Rede stehenden Gebiete bezeichnet werden muß. In Betreff der Anordnung des Stoffs ist die neue Auflage von den vorhergehenden nicht unterschieden, dagegen hat Verf. die einzelnen Materien einer größeren Umarbeitung, entsprechend den in der Zwischenzeit gemachten Fortschritten in der Wissenschaft, unterzogen und den mehr praktischen Theilen der Agrikulturchemie, besonders der Bodenkunde und Düngerlehre, eine eingehendere Behandlung zu Theil werden lassen.

Der Preis des Werkes muß in Ansehung der in Druck, Papier und Illustrationen vorzüglichen Ausstattung als ein sehr mäßiger bezeichnet werden. *E. W.*

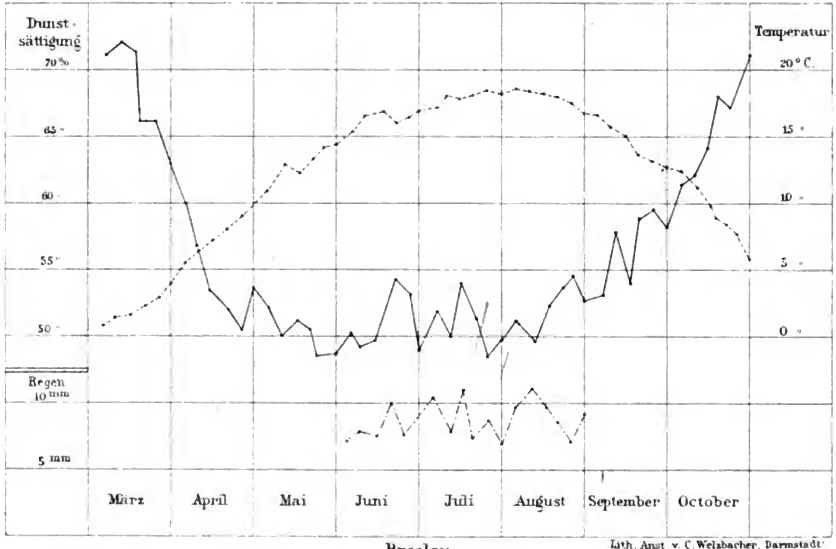
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google



Breslau:

Lith. Anst. v. C. Welsbacher, Darmstadt.

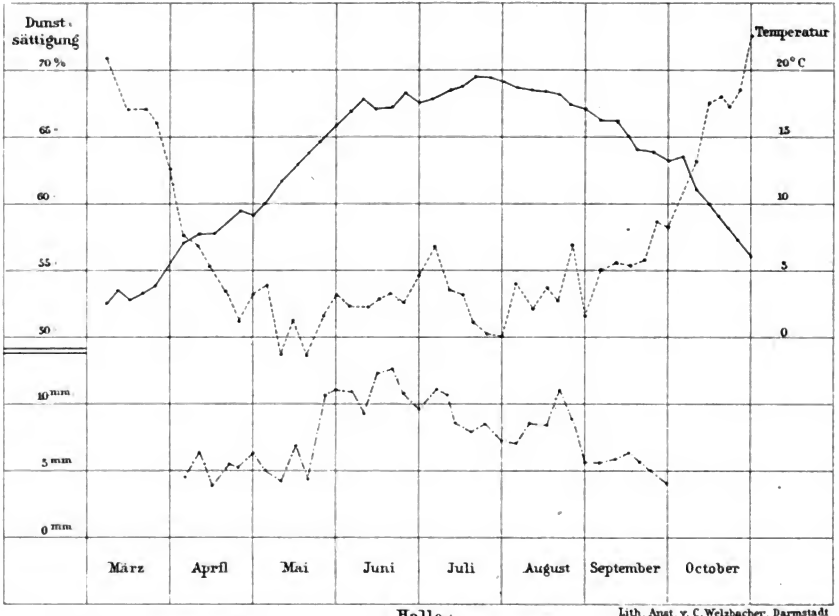
——— Dunstsättigung ---------- Temperatur -·-·-·-·- Regen

Fünftag Mittel der Temperatur (Tagesmittel), Dunstsättigung (Nachmittag Zweiuhrablesung) und der Regenhöhe (letztere nach Mittheilung von Dr Hellmann) aus 30 Jahren

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung Heidelberg.

Digitized by Google

Digitized by Google



Halle :

Lith. Anst. v. C. Welsbacher, Darmstadt

---------- Dunstsättigung. ——— Temperatur. - - - - - - Regen.

Fünftäg. Mittel der Temperatur (Tagesmittel), Dunstsättigung (Nachmittag Zweiuhrablesung) und der Regenhöhe aus 30 Jahren.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung Heidelberg.

FORSCHUNGEN

AUF DEM

GEBIETE DER AGRIKULTURPHYSIK.

UNTER MITWIRKUNG DER HERREN:

Dr. J. van BEBBER in Hamburg; Prof. Dr. A. BLOMEYER in Leipzig; Prof. Dr. J. BÖHM in Wien; Prof. Dr. J. BREITENLOHNER in Wien; Prof. Dr. W. DETMER in Jena; Prof. Dr. E. EBERMAYER in München; Dr. C. FERRARI in Rom; Dr. J. FITTBOGEN in Dahme; Prof. Dr. E. GODLEWSKI in Dublany (Galizien); Dr. G. HAVENSTEIN in Bonn; Prof. Dr. R. HEINRICH in Rostock; Prof. Dr. E. HEIDEN in Pommritz; Prof. Dr. E. W. HILGARD in Berkeley (Californien U. S.); Prof. Dr. F. v. HÖHNEL in Wien; Prof. Dr. S. W. JOHNSON in New-Haven (Connecticut U. S.); Prof. Dr. L. JUST in Karlsruhe; Prof. Dr. J. KÜHN in Halle a./S.; Dr. C. KRAUS in Triesdorf; Dr. C. LANG in München; Prof. Dr. TH. LANGER in Mödling; Dr. J. R. LORENZ von LIBURNAU in Wien; Prof. Dr. A. von LIEBENBERG in Wien; Prof. Dr. A. MAYER in Wageningen (Holland); Dr. J. MÖLLER in Mariabrunn; Prof. Dr. A. MÜLLER in Berlin; Dr. H. MÜLLER-THURGAU in Geisenheim; Prof. Dr. J. NESSLER in Karlsruhe; Prof. Dr. A. ORTH in Berlin; Dr. R. PEDERSEN in Kopenhagen; Dr. E. RAMANN in Eberswalde; Dr. W. RIEGLER in Wien; Prof. Dr. E. von RODICZKY in Kaschau (Ungarn); Dr. W. SCHUMACHER in Bonn; Dr. P. SORAUER in Proskau; Prof. Dr. J. SOYKA in Prag; Prof. Dr. A. VOGEL in München; Prof. Dr. P. WAGNER in Darmstadt; Prof. Dr. G. WILHELM in Graz

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

NEUNTER BAND. VIERTES HEFT.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1886.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
BRANCH OF THE COLLEGE OF AGRICULTURE

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

5m-8,'26

Digitized by Google

6344

S590
F6
v.9

Forsuchungen auf dem gebeite der agricultur-physik.

S590
F6
V.9

6344
LIBRARY, BRANCH OF THE COLLEGE OF AGRICULTURE

Digitized by Google